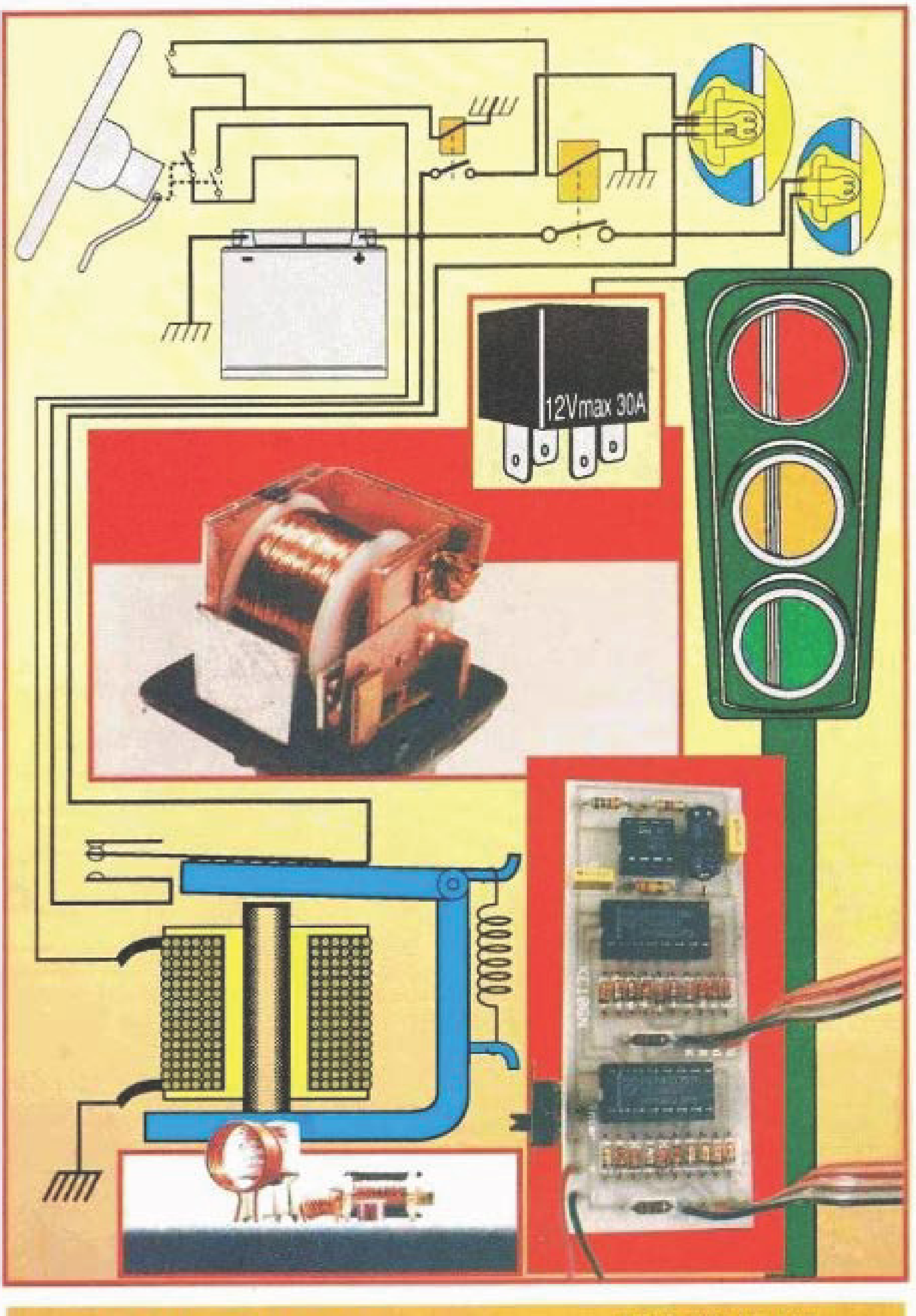
ABC ELECTRONIQUE

APPRENDRE L'ELECTRONIQUE
PAR LA PRATIQUE



TECHNOLOGIE — Les bobinages en haute fréquence

MONTAGE — Commande de feux tricolores

TECHNOLOGIE — Les relais

17

M 1286 - 21 - 19,00 F

ISSN : 1167-619



OFFREZ OU FAITES VOUS OFFRIR !

- VOS FICHES A PORTEE DE MAIN
- RANGEMENT PAR THEME DANS VOTRE CLASSEUR

Commandez-le vite, aux Editions SORACOM, BP 88, La Haie de Pan, 35170 BRUZ.

Les numéros 1,2,3,4,5, 6,7,8,9,10, 11 & 12 de l'ABC de l'électronique sont épuisés. Nous disposons des photocopies de ces numéros au même tarif.





Edité par SORACOM Editions
SARL au capital de 250.000 Frs
La Haie de Pan - BP 88
35170 BRUZ

Téléphone : 99.52.98.11
Fax : 99.52.78.57

Directeur de publication
Rédacteur en chef
S. FAUREZ

Secrétaire de rédaction
André DURAND

Directeur de fabrication
Edmond COUDERT

Abonnements
SORACOM

Composition - maquette dessins
J. LEGOUPI – B. JÉGU

Vous pouvez obtenir les numéros précédents aux Editions SORACOM.
Du n°1 à 10 20 F par numéro.
à partir du n°11 21F par numéro.

ABONNEMENT
180 F pour 12 numéros
soit 15 F le numéro (au lieu de 19 F)
Paiement par carte bancaire accepté
• Etranger : nous consulter

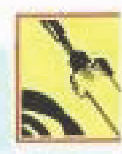
Imprimé en France par
Société Mayennaise d'Impression
53100 MAYENNE

Dépôt légal à parution – Diffusion NMPP

Commission paritaire 73610

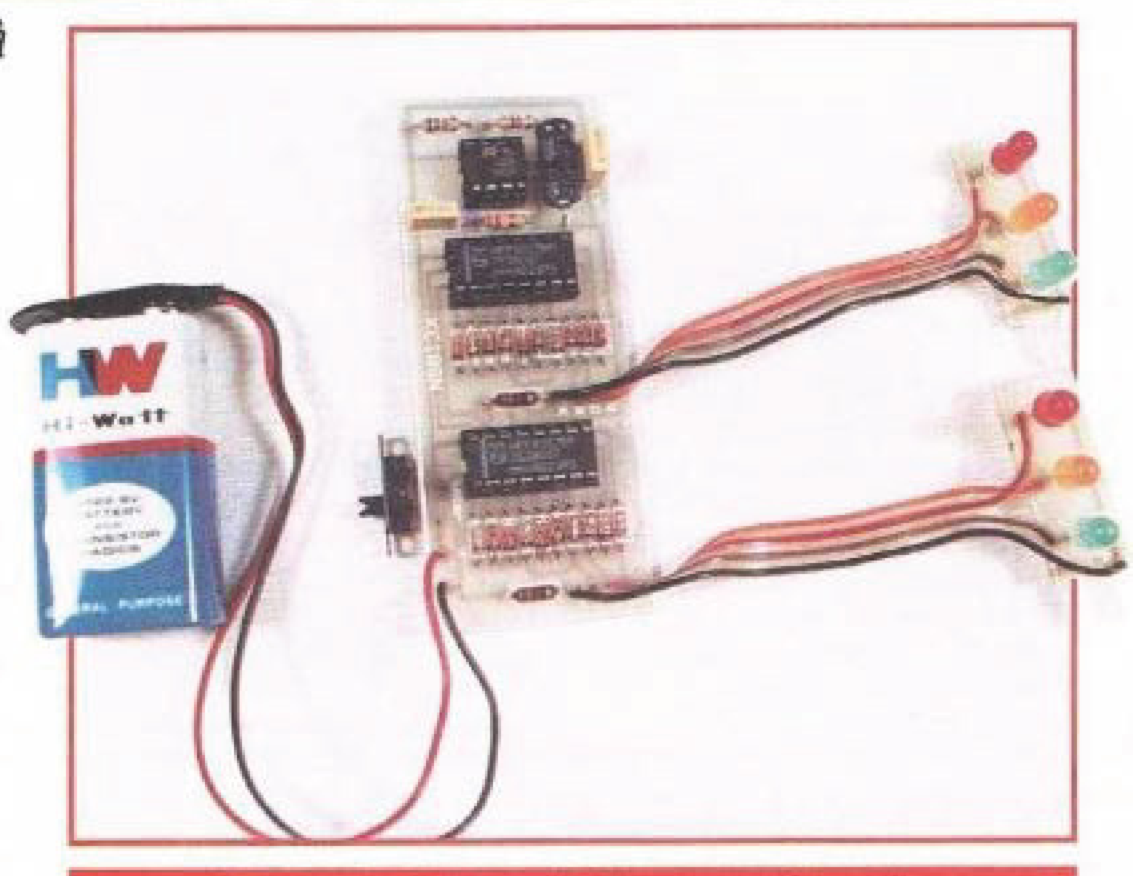
Les informations et conseils donnés dans le cadre de cette publication ne peuvent engager la responsabilité de l'éditeur.





COMMANDE DE FEUX TRICOLORES

Un montage à utiliser pour animer un réseau de trains électriques ou un circuit routier ou bien pour illustrer une étude du code de la route. Le schéma comprend une horloge et deux compteurs.



Vue générale de l'ensemble des composants montés. Vous pouvez le commandez, voir pub Génération VPC ref : KE 106 N Prix 39 F + 28 F port

Ici, nous n'avons affaire qu'à de la logique. L'horloge ou base de temps fournit des impulsions calibrées sous forme d'un signal rectangulaire à l'aide du circuit intégré bien connu 555 monté en astable. Les impulsions sont disponibles sur la sortie (3), et sont appliquées en parallèle sur l'entrée des deux compteurs 4017. Le fonctionnement du 4017 est décrit plus loin d'une manière simplifiée. Le condensateur C2 se charge à la mise sous tension et se décharge sur R3, ce qui donne une impulsion positive sur les «remise à zéro» des deux compteurs et assure le départ synchronisé de ces derniers. (En réalité c'est le front descendant de cette impulsion qui agit).

Les 10 sorties des 4077 passent successivement à 1, à chaque impulsion d'horloge. Les diodes D1 à D20 sont disposées en portes OU à 1, 4 ou 5 entrées suivant leur position sur la séquence suivante :

On a donc bien les décalages de passages nécessaires à une circulation sans incident... ni accident !

Sortie	Q0	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9
IC1	V	V	V	V	O	R	R	R	R	R
IC2	R	R	R	R	R	V	V	V	V	O

0 = LED orange allumée
R = LED rouge allumée
V = LED verte allumée

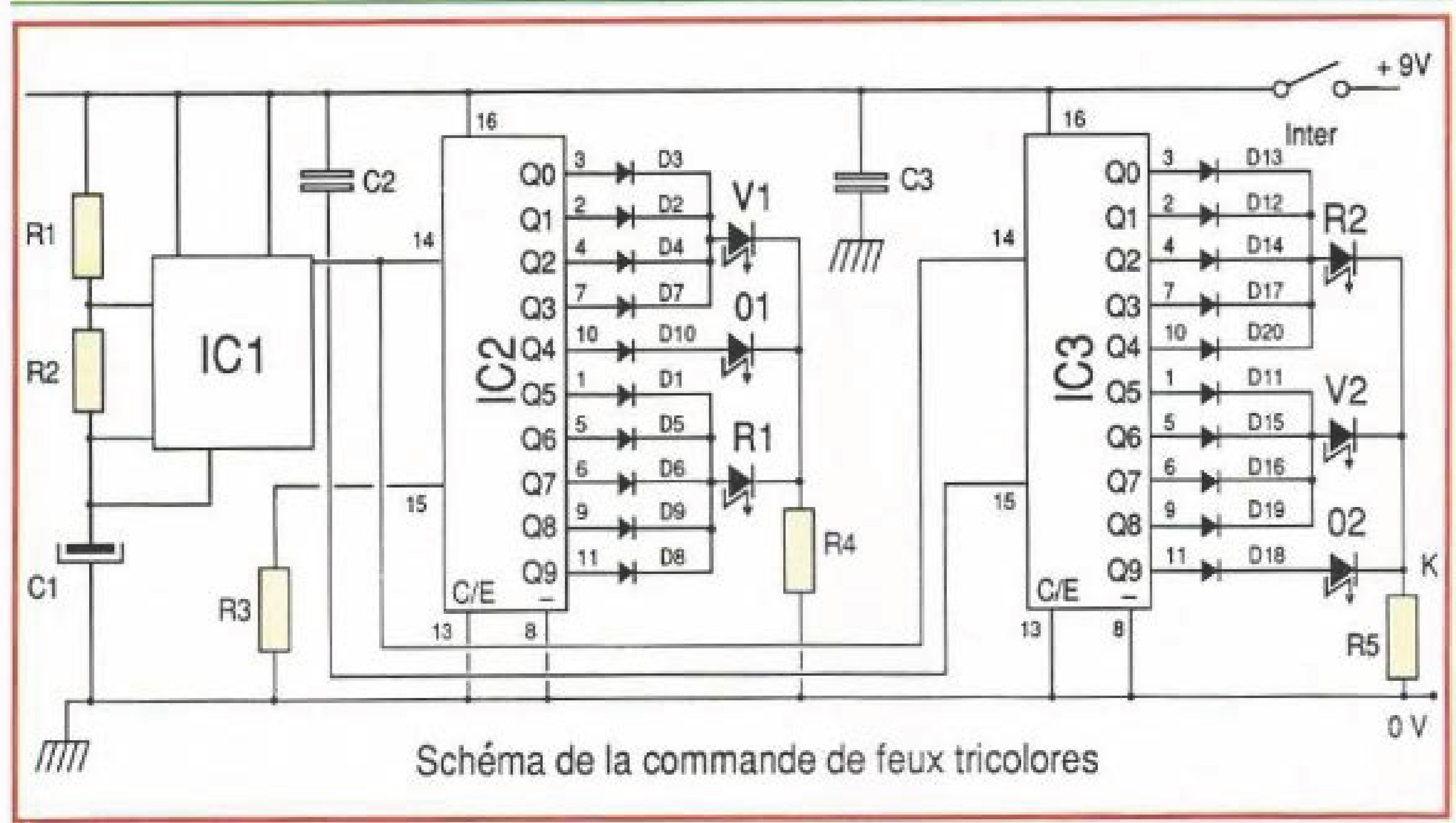


Schéma de la commande de feux tricolores

Le principe de fonctionnement du 555 vous a été déja décrit dans notre N° 15. Nous ne vous parlerons donc que du 4067 :

Le circuit intégré 4017

C'est un circuit intégré CMOS en boîtier DIL 16 qui comprend grosso modo une succession de cinq bascules bistables (ce montage est appelé compteur Johnson), tout en attaquant l'entrée de la suivante, la sortie de chacune d'entre elles est accessible par des portes interdépendantes qui ne laissent passer qu'une impulsion par cycle suivant le diagramme que nous vous donnons. Il fonctionne donc ici à la manière d'un chenillard : l'état d'une sortie se déplace de proche en proche entre sorties au rythme des fronts montants du signal délivré par le 555, sauf en cas de remise à zéro. En outre, le comptage ne peut avoir lieu que si la broche 13 est maintenue à un niveau bas (Cde horloge),

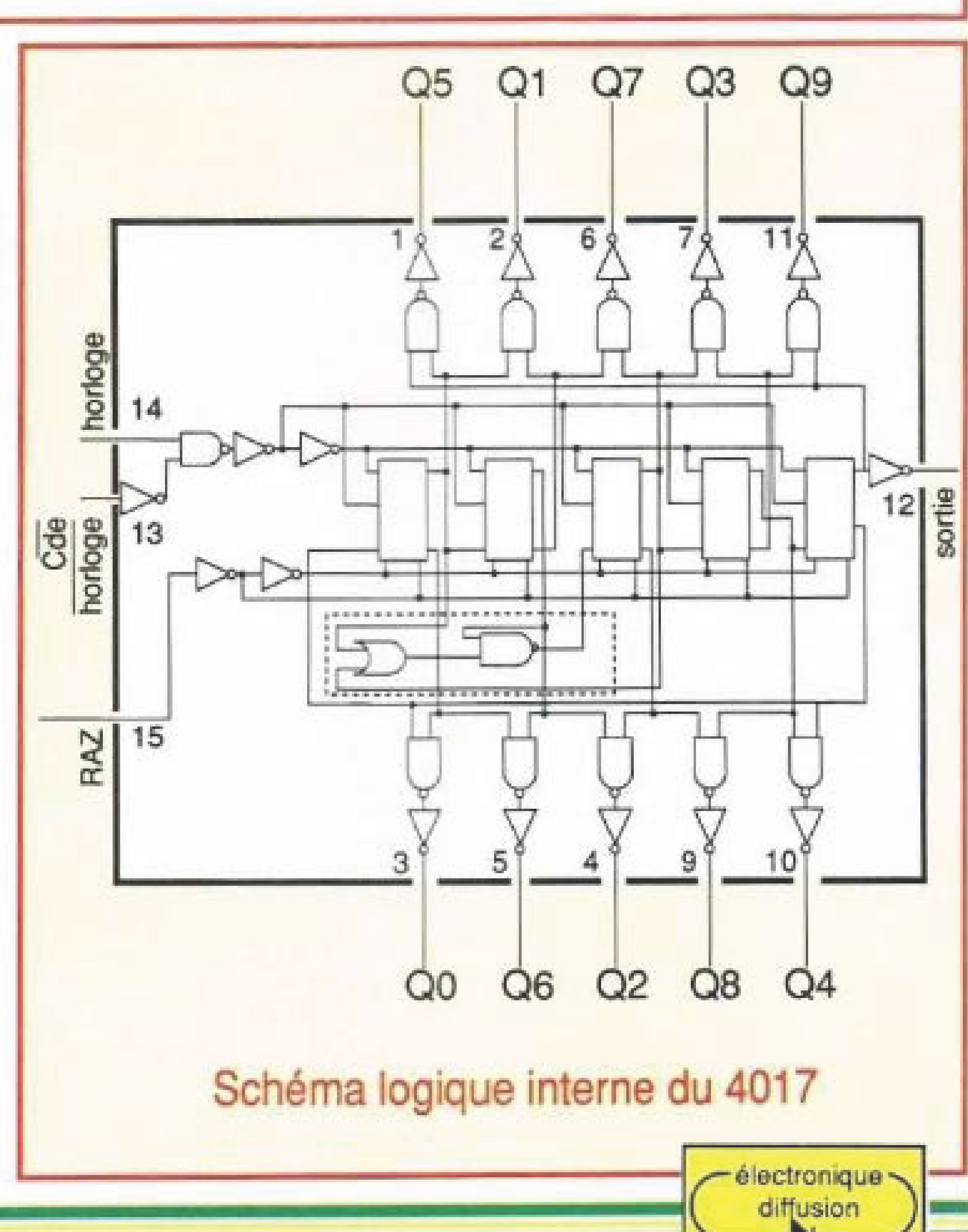


Schéma logique interne du 4017





Brochage du 4017 (vue de dessus !)
4017, MC14017, CD4017 etc...

si cette broche est portée à un niveau haut en cours de comptage, celui reste «gelé». Ce circuit intégré, aux nombreuses applications, peut être utilisé en compteur de décade (de 0 à 9, 10 à 99 etc...) ou en diviseur de fréquence. Sa fréquence maximale est de 12 MHz et son alimentation peut être comprise entre 3 et 18 Vcc (version 4017 B).

Le circuit imprimé

Nous utilisons des plaquettes en verre époxy «simple face».
Une plaquette principale et deux plaquettes supportant les LED des feux tricolores. Nous vous donnons aussi, à titre indicatif, le dessin de la face-avant qui peut être en verre époxy ou en aluminium.

La réalisation et les réglages

Avant de monter le support du 555 (IC1), ne pas oublier le strap. Respectez bien le sens de C1, des diodes, des LED et des circuits in-

Diagramme des entrées et sorties

RAZ
Horloge 555
SORTIES 4017: Q0, Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q9
V1
O1
R1
V2
O2
R2

tégrés ! Les LED sont soudées sur les deux petites plaquettes dont une amorce de pied permet la réalisation facile d'un support. Les liaisons entre plaquettes sont réalisées en fils ou bande souple de 4 conducteurs. La dernière étape consistera à placer les deux 4017 sur leur support avec les précautions habituelles pour les circuits intégrés CMOS. Aucun réglage n'est à faire. Si vous désirez changer la fréquence de commutation des feux, vous modifiez la valeur de C1 : pour C1 plus grande, la fréquence diminue et vice versa. Si vous optez pour le boîtier référencé ci-dessus, la plaquette principale s'insère dans les glissières du boîtier.

Le principal intérêt de ce montage est de vous montrer une application du circuit intégré CMOS 4017 que vous rencontrerez souvent en électronique logique.

La liste des composants

Résistances à couche 1/4 watt, 5 ou 10 % :

R1	56 kΩ	R4	270 Ω
R2	47 kΩ	R5	270 Ω
R3	220 kΩ		

Condensateurs :

C1	22 µF/16 V électrolyt. sorties axiales
C2	0,1 µF/63 V Polycarb. sorties radiales
C3	0,22 µF/63 V Polycarb. sorties radiales

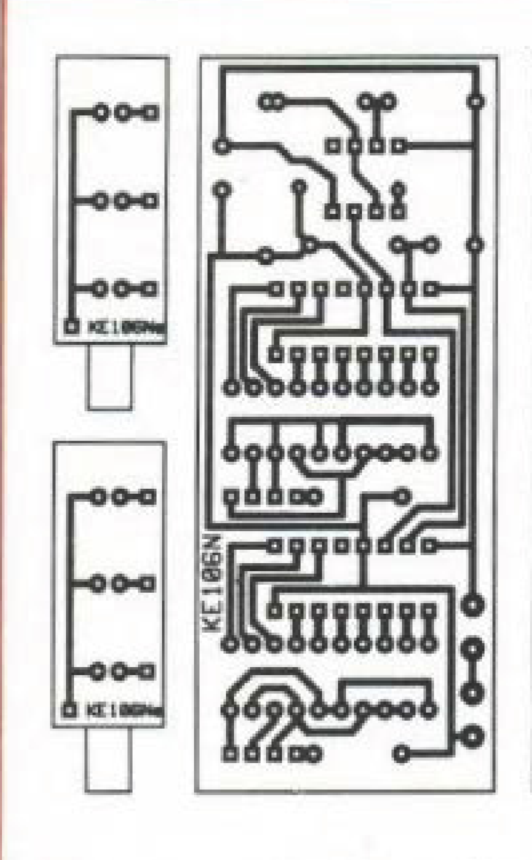
Semi-conducteurs :

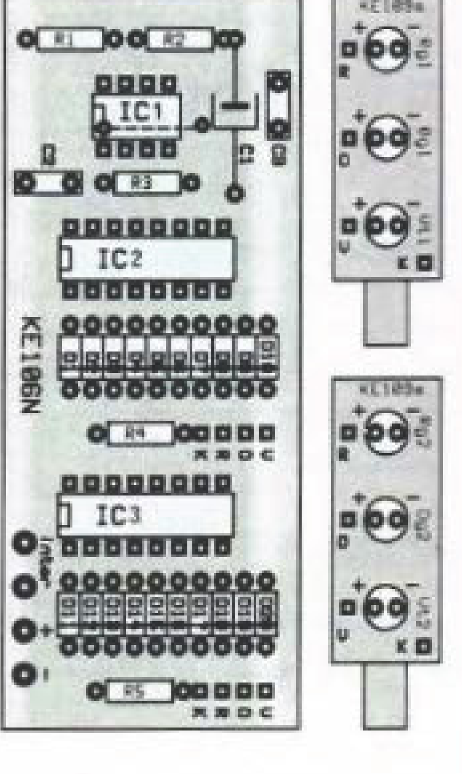
D1 à D20	Diodes 1N914 ou 1N4148
IC1	555
IC2	4017
IC3	4017
O1 & O2	LED orange (ou jaune) de 5 mm
R1 & R2	LED rouge de 5 mm
V1 & V2	LED verte de 5 mm

Divers :

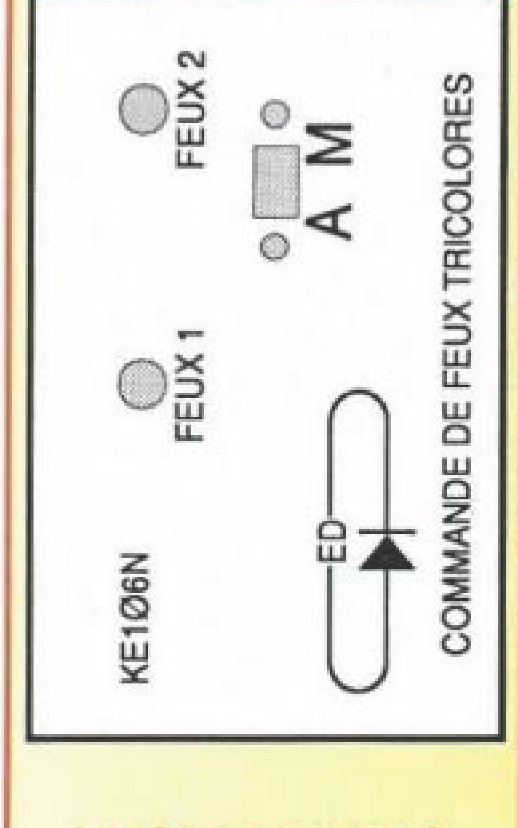
1 support DIL 8 (2 x 4)
2 supports DIL 16 (2 x 8)
1 clips de pile 9 V précâblé
1 interrupteur à glissière
2 vis + écrous M2 pour fixer l'interrupteur

Options : 1 Boîtier réf. HAED100 1 décor avant 1 mylar



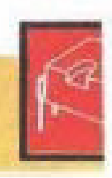


Les trois circuits imprimés et l'implantation de leurs composants.



La face avant.



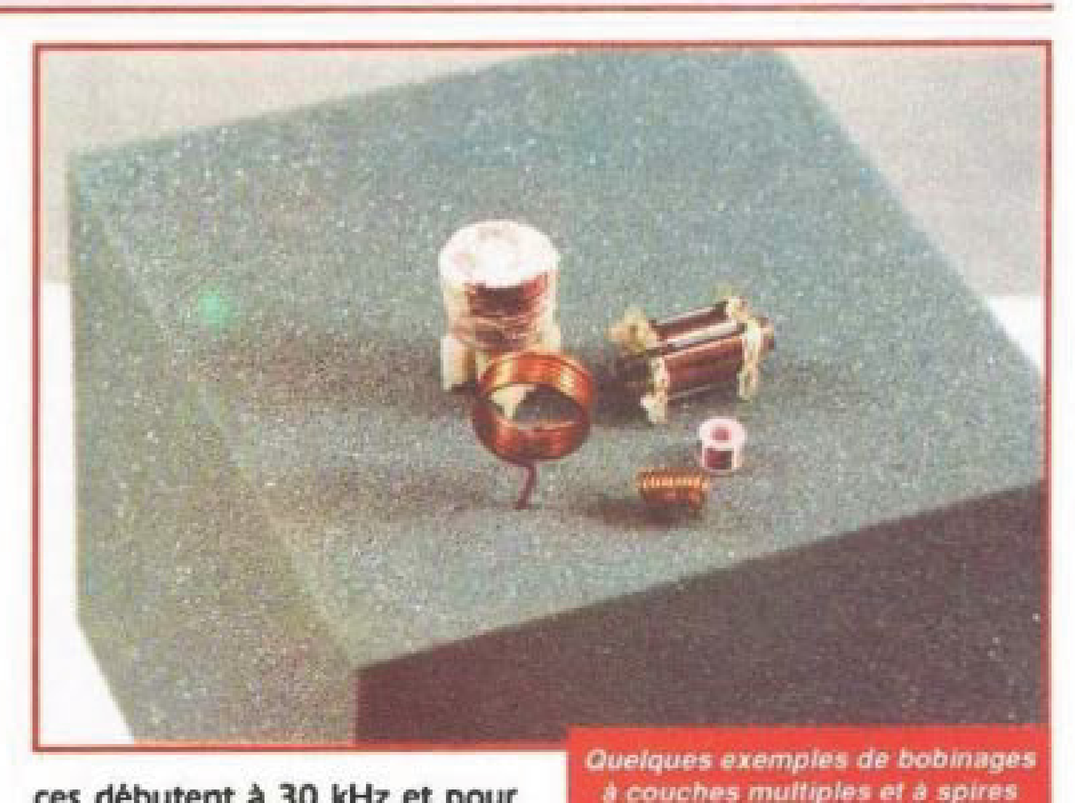


LES BOBINAGES EN HAUTE FREQUENCE

De nombreux lecteurs nous ont demandé de rédiger des fiches sur le calcul des bobinages. Si nous avions tardé à vous en parler, c'est à cause de leur complexité.

Dans notre exposé, nous avons tenu compte de différents niveaux de connaissance en mathématiques pour les exécuter : L'application de formules ou l'emploi d'abaques. Quant à ceux qui préfèrent la méthode empirique (et itérative) en «essayant et voir si ça marche», ils devront acquérir une certaine expérience. Dans tous les cas, nous vous recommandons l'acquisition d'un instrument très répandu chez les amateurs, le «grid-dip» dont le coût est voisin de celui d'un multimètre digital. Nous espérons lui consacrer bientôt un article.

Nous abordons maintenant l'étude des inductances ou «bobinages» utilisés sur les circuits en haute fréquence. La séparation entre les basse et hautes fréquences est difficile à définir avec précision. En effet, il existe une vaste région commune aux ondes acoustiques et aux ondes électromagnétiques. Par convention, les hautes fréquences débutent à 30 kHz et pour des raisons de limites physiques, le domaine d'application des inductances dites «bobinées» s'étend guère au-delà de 300 MHz. Sur des fréquences supérieures, nous ferons appel à d'autres techniques dont nous vous parlerons plus tard. Le spectre électromagnétique concerné s'étend donc de 30 kHz à 300 MHz et couvre toutes les bandes radioélectriques utilisées des ondes très longues aux VHF.



Quelques exemples de bobinages à couches multiples et à spires jointives

Calcul d'un bobinage en haute fréquence

Ce calcul concerne son inductance. Il est utile aussi d'en connaître le facteur de surtension même de façon empirique.

L'inductance :

Dans la majorité des cas, l'inductance à calculer est associée à un condensateur en parallèle pour obtenir un circuit oscillant qui doit résonner sur une fréquence donnée de période :

$$T = \frac{2\Pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} \cdot \frac{R_s^2}{AL^2}}}$$

C'est la formule complète de Thomson dans laquelle Rs est la résistance pure du fil de la bobine. Cette résistance est très faible devant les valeurs de L et C, mais nous verrons plus loin qu'il faut la maintenir faible. Dans ces conditions la formule se simplifie :

$$T = 2\Pi\sqrt{LC}$$

d'où la fréquence de résonance:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

avec fo en hertz (Hz),
L en henry (H)
C en farad (F).

C'est la formule de Thomson simplifiée que nous avons déjà vue dans notre N°7 à propos des circuits oscillants.
En unités pratiques, nous aurons une bonne approximation à l'aide de :

$$f_0 = \frac{5000}{\sqrt{LC}}$$

avec fo en kHz,
L en µH et C en nF.

Vous pouvez aussi vous servir de l'abaque 1 donné en annexe. Les fréquences y sont aussi données en longueurs d'ondes. Il suffit de connaître deux valeurs et de les aligner à l'aide d'une règle pour obtenir la troisième. Par exemple, connaissant la fréquence de résonnance fo et la valeur de la capacité C du condensateur à notre disposition, nous obtenons, par alignement, l'inductance L de la bobine.

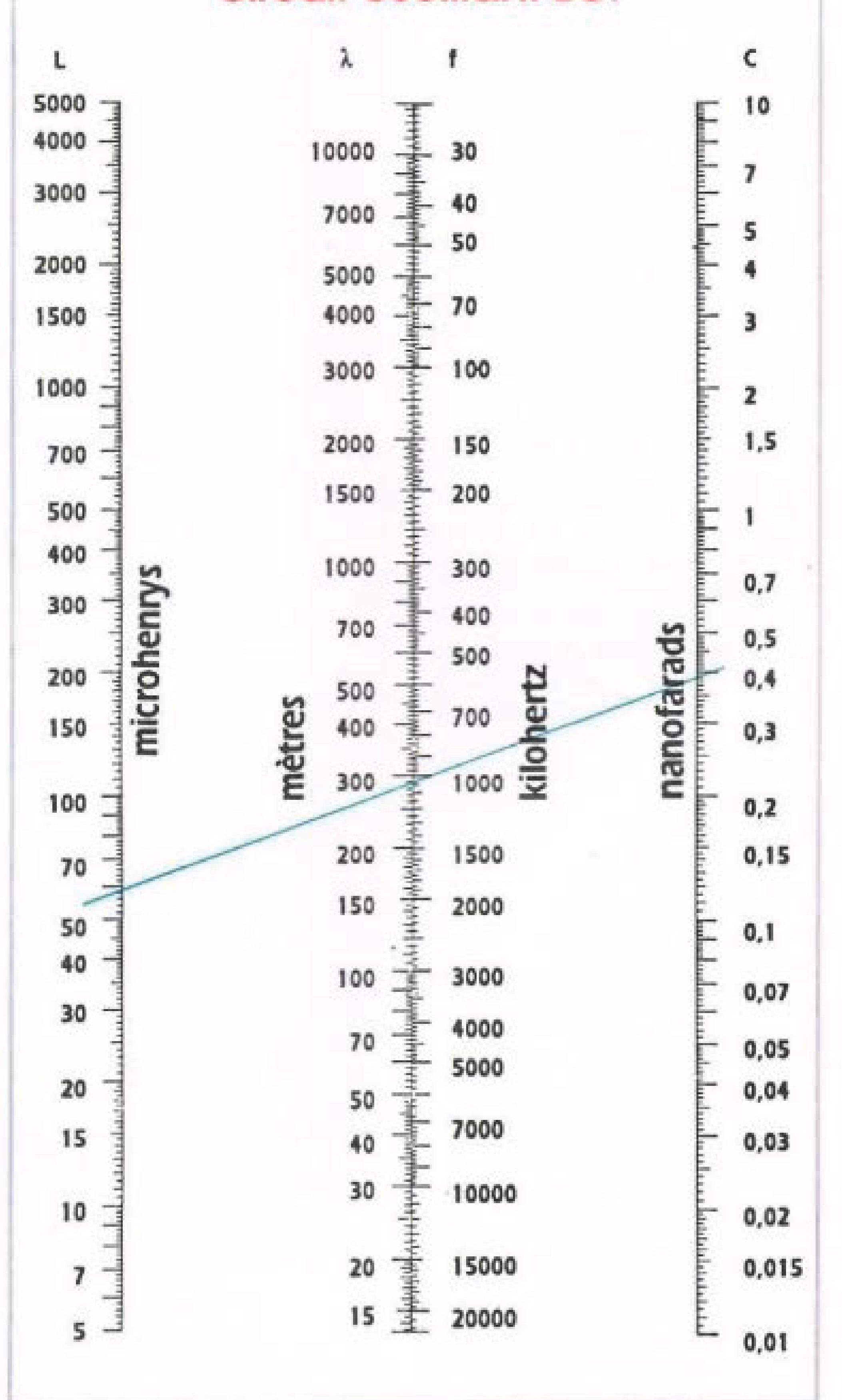
Le facteur de qualité :

Nous avons vu que le circuit équivalent d'une bobine comprend un résistance pure Rs due à la résistivité du fil.

Rs L

Circuit équivalent d'une bobine

Nous venons de voir aussi que cette résistance Rs pouvait être négligée pour le calcul de l'inductance. Cependant elle ne l'est plus lorsqu'il s'agit de connaitre la valeur de la tension U aux bornes du circuit LC à la fréquence de





résonance fo. Nous verrons aussi plus loin que Rs croit avec la fréquence à cause de «l'effet pelliculaire». Pour définir la qualité d'une bobine, nous utilisons le facteur de qualité (ou facteur de surtension) Q.

$$Q = \frac{2\pi \cdot f_o \cdot L}{R_f}$$

Rf = Rs à fa fréquence fo

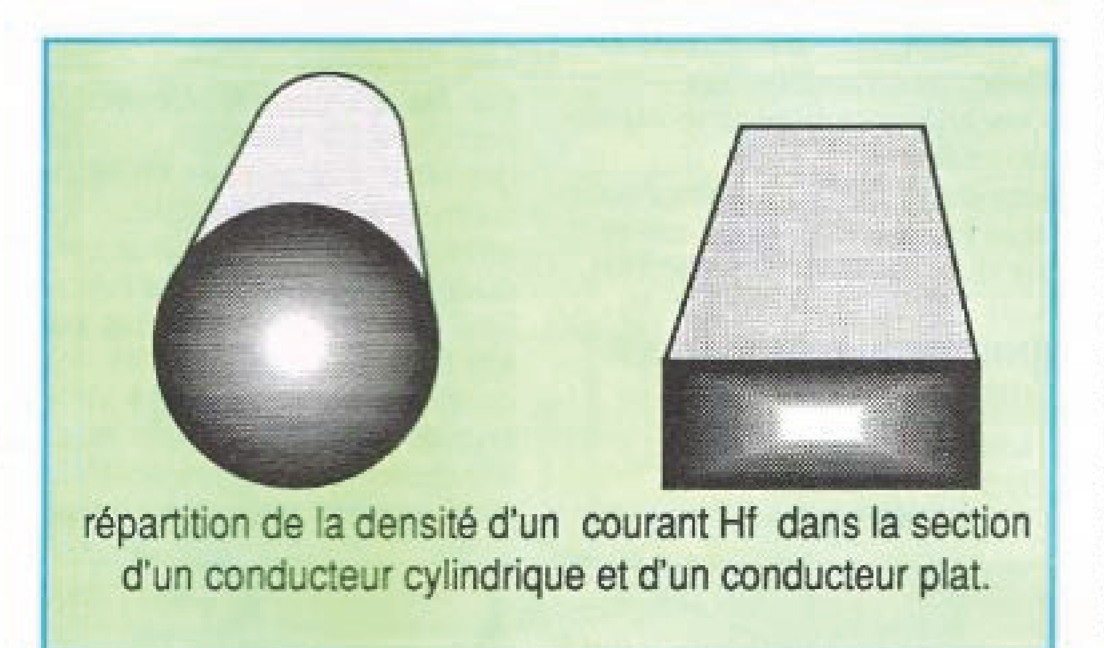
Q est un rapport et n'a pas d'unité propre.

Malheureusement Rf est difficile à connaître car elle dépend de nombreux paramètres tels que le diamètre du fil, le type de bobinage, du câblage etc...

Il faut aussi tenir compte du facteur de qualité du condensateur C qui dépend, entre autre, de sa résistance parallèle qui n'est pas infinie. Bref, dans la pratique on ne définit le facteur Q d'un circuit oscillant qu'à la suite de mesures en laboratoire une fois le bobinage terminé, ce qui demande un certain «savoir faire» pour parvenir rapidement aux valeurs désirées.

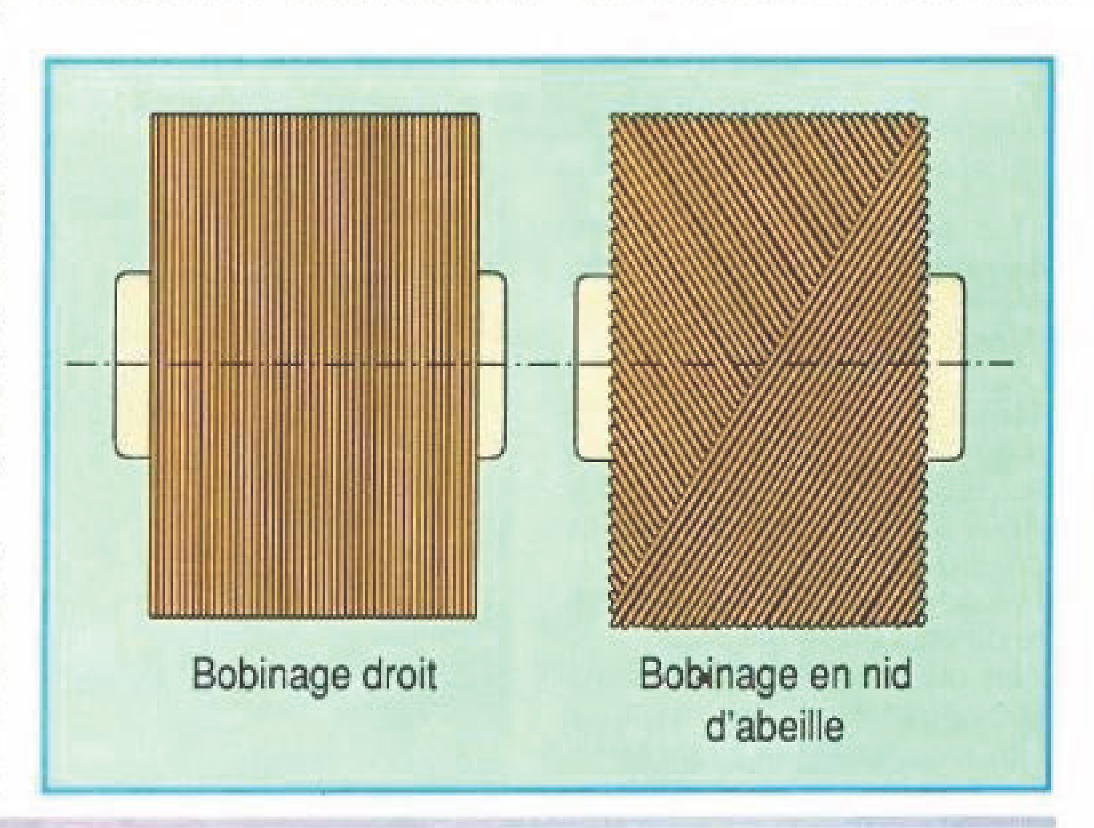
Lorsque vous aurez à construire une bobine, vous aurez donc intérêt à y apporter le plus grand soin pour obtenir le meilleur facteur Q possible. En effet s'il s'avère par la suite trop élevé, il vous sera facile de le réduire en ajoutant une résistance en série ou en parallèle sur le circuit LC, une telle résistance est appelée «résistance d'amortissement». Dans le cas d'un kit ou de la description d'un montage suivez scrupuleusement les instructions données pour la confection des bobinages.

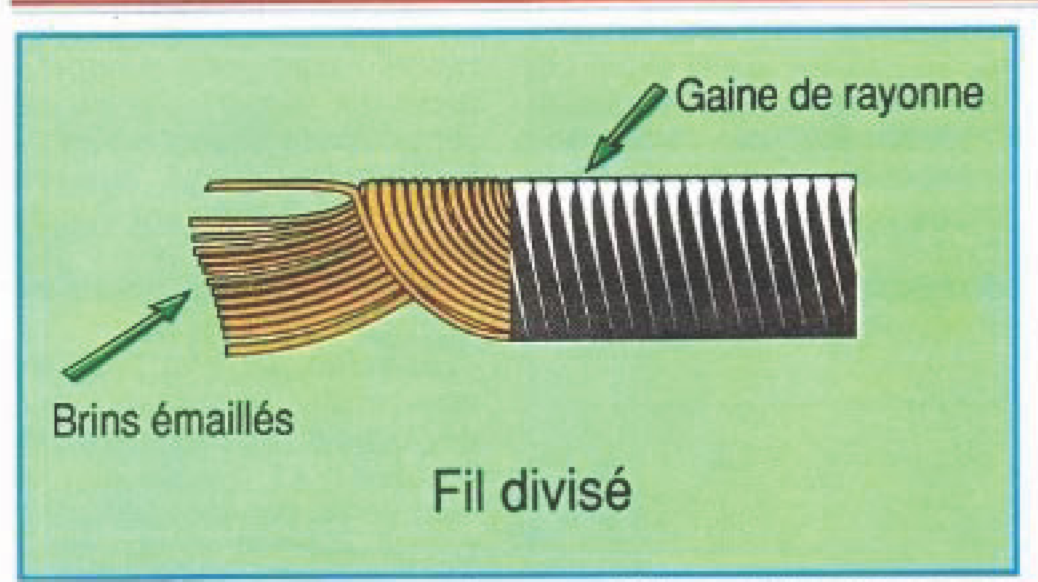
Les fils pour bobinages HF


répartition de la densité d'un courant Hf dans la section d'un conducteur cylindrique et d'un conducteur plat.

Avant d'aborder le calcul d'un bobinage HF, voyons un peu les différents paramètres qui rendent leur calcul si approximatif. La plupart d'entre eux sont dus aux pertes causées par les fils et les isolants. Pour l'instant nous ne parlerons que des bobinages dits «à air» c'est à dire dépourvus de noyau magnétique. Ce sont :

- Les pertes par effet joule provoquées par la résistance pure du fil, comme en courant continu R
- Les pertes par effet pelliculaire appelé aussi effet «de peau». Celles-ci peuvent être considérées ici comme les plus importantes. En effet, dans un conducteur parcouru par un courant HF, on constate que la densité de ce courant est plus grande à la surface du conducteur qu'en son centre, les pertes provoquées par effet joule ne sont plus négligeables. Cette résistance Rp augmentant avec la fréquence, Rs = R + Rp augmente aussi.
- Les pertes par courant de Foucault (courants induits) ont lieu dans la masse du conducteur, elles dépendent de la section de fil plein et de la fréquence.
- Les pertes diélectriques qui dépendent de la nature et de qualité de l'isolant du conducteur,





Fil divisé

du support du bobinage et de la fréquence. Ces isolants constituent le diélectrique de la capacité répartie, celle entre spires étant la principale. Cette capacité venant s'ajouter à celle du condensateur C du circuit, ses pertes ne sont plus négligeables au-dessus de 3 MHz.
- Les pertes par absorption par les masses métalliques environnantes.

- en éloignant les masses métalliques environnantes,
- en isolant le bobinage du milieu extérieur.
Les deux derniers points sont souvent en contradiction et il faudra trouver un compromis.

Trois sortes de fils sont utilisés.

- Les fils émaillés.
- Les fils nus.
- Les fils divisés.

Les fils émaillés :

Ce sont les mêmes que ceux utilisés sur les transformateurs (voir notre N° 14). Il existe cependant un fil fin émaillé recouvert d'une gaine de soie artificielle ou de nylon que l'on utilise sur les fréquences moyennes (100 kHz à 2 MHz) sur les bobinages exécutés en «nid d'abeille» à la machine dans le but d'aérer les spires et de diminuer ainsi la capacité répartie entre elles.

Les fils nus :

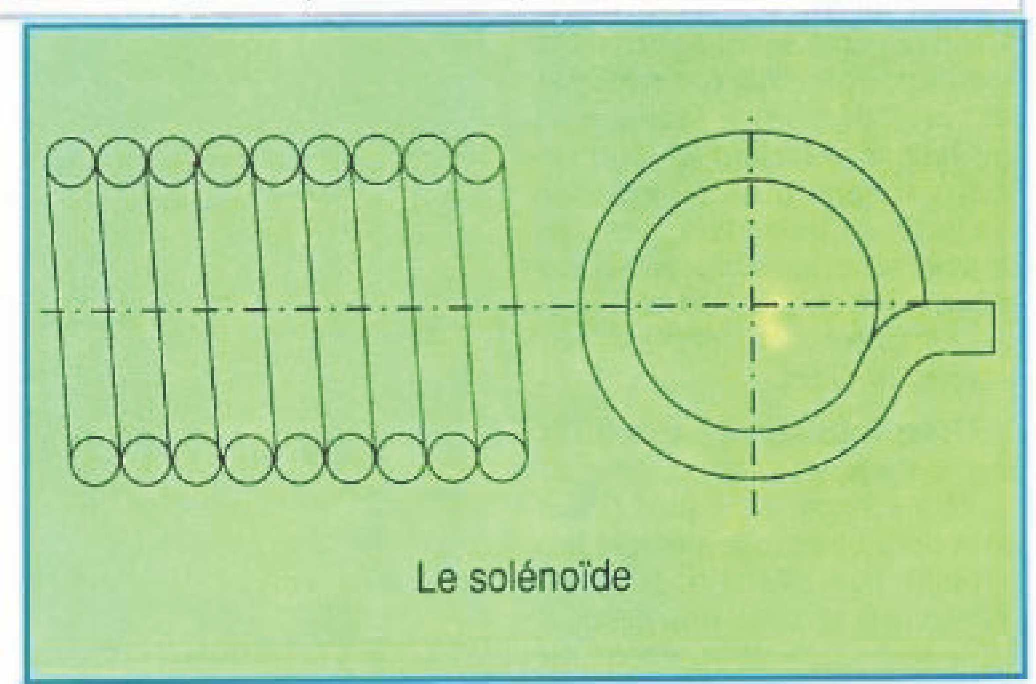
Sur les fréquences élevées, à partir de 10 MHz, les bobinages accordés se font en fil de cuivre nu souvent argenté. En effet l'argent est meilleur conducteur que le cuivre et contribue à diminuer les pertes par effet pelliculaire. Sur les fréquences supérieures à 30 MHz, en raison de leur faible nombre de spires, ces enroulements sont souvent exécutés en l'air,



Utilisation des fils de bobinage en fonction de la fréquence.
* Le fil émaillé est utilisé en basse fréquence dans les pots de ferrite

- Les pertes par rayonnement qui proviennent du rayonnement direct du conducteur dans le milieu ambiant.

Toutes ces pertes définissent la nature des conducteurs utilisés sur les circuits HF et en particulier sur les bobinages. On les diminue :
- en adoptant une faible densité de courant,
- en utilisant les meilleurs isolants possibles,
- en maintenant la capacité répartie la plus faible possible.

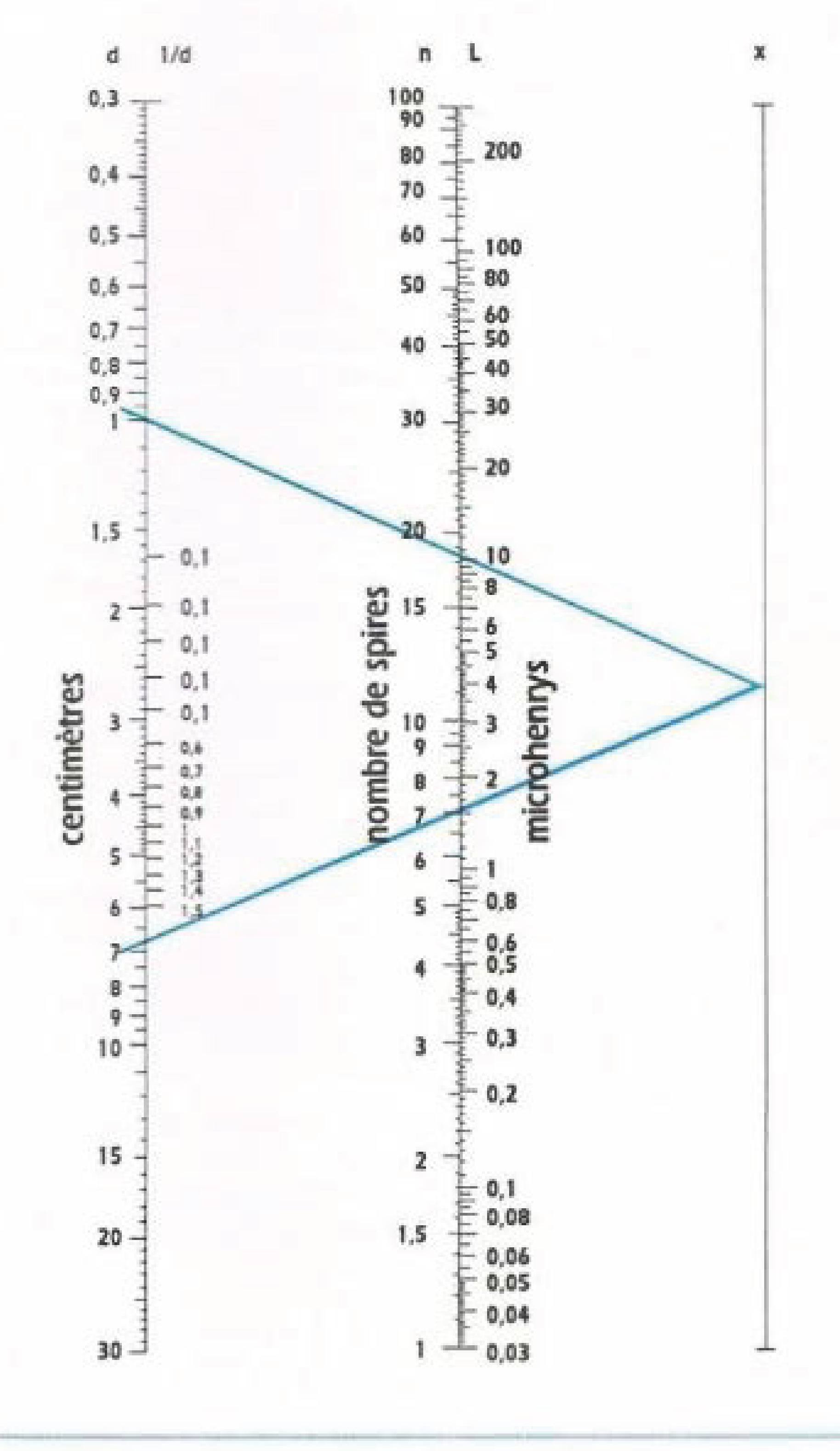

Le solénoïde



- Utilisation d'un abaque :

Exemple :
1er alignement, L = 10 µH et l/d = 1 pour obtenir le point de réflexion X.
2ème alignement, x et d = 7 cm pour obtenir le nombre de spires n = 7 spires.

Abaque 2 : Calcul graphique d'un solénoïde.



à spires espacées, sans support mécanique, pour réduire les pertes diélectriques. Les enroulements de grande puissance se font en tube ou en bande de cuivre argenté pour bénéficier d'une plus grande surface utile.

Les fils divisés :

Ils sont aussi appelés fils à brins multiples ou fils de Litz et sont composés de plusieurs fils de cuivre émaillé très fins, torsadés ensemble et le tout protégé par une gaine de soie artificielle. On réduit ainsi les pertes par courants de Foucault et la masse de cuivre. Ils sont utilisés sur les fréquences inférieures à 1,5 MHz et, le plus souvent, bobinés en nid d'abeille.

Calcul d'une bobine à air et à une seule couche :

Appelée aussi solénoïde, c'est la plus facile à calculer. Elle peut être à spires jointives ou à spires espacées d'un diamètre du fil au maximum.

- Calcul à l'aide de la formule de Nagaoka :
Son inductance est donnée par :

$$L = k \cdot n^2 \cdot 10^{-3}$$

d'où vous tirez n et dans laquelle,
L est en µH,
n est le nombre de spires,
d est le diamètre moyen du bobinage en cm,
k est un coefficient dont la valeur approchée est :

$$K = \frac{100\,d}{4\,d + 11\,l}$$

Pour les calculs approximatifs et suffisants pour l'amateur, nous

pouvons nous servir de la relation simplifiée :

$$L = \frac{d^2 \cdot n^2}{40\,d + 110\,l}$$

Le coefficient de surtension maximal est obtenu lorsque d/l = 2,5, autrement dit lorsque la longueur réelle de fil est maximale pour la fréquence de résonnance. Nous aurons donc toujours intérêt à respecter le mieux possible ce rapport.



Différents bobinages en solénoïde

Dans la pratique, nous pouvons aussi utiliser l'abaque 2 dont les valeurs obtenues sont exactes à 5 % près. Dans la réalisation d'un prototype, il sera préférable de majorer de 10 % le nombre de spires obtenues et d'en supprimer, par la suite, si la fréquence de résonnance obtenue est trop basse.

Comment se servir de l'abaque 2 à double alignement :

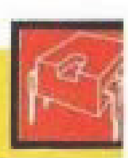
Vous connaissez L par la formule de Thomson simplifiée ou par l'abaque 1. Vous choisissez ensuite le diamètre intérieur d qui pourra être celui de la forme ou du mandrin destiné à le supporter ou simplement à le bobiner. Vous évaluez la longueur l du bobinage et vous faites le rapport l/d. Vous alignez ce rapport avec L pour obtenir un point sur l'axe de réflexion X. Ensuite vous alignez ce point avec le diamètre d pour obtenir le nombre nécessaire de spires.

Le diamètre optimal du fil est :

$$\varnothing = \frac{l}{n\sqrt{2}}$$

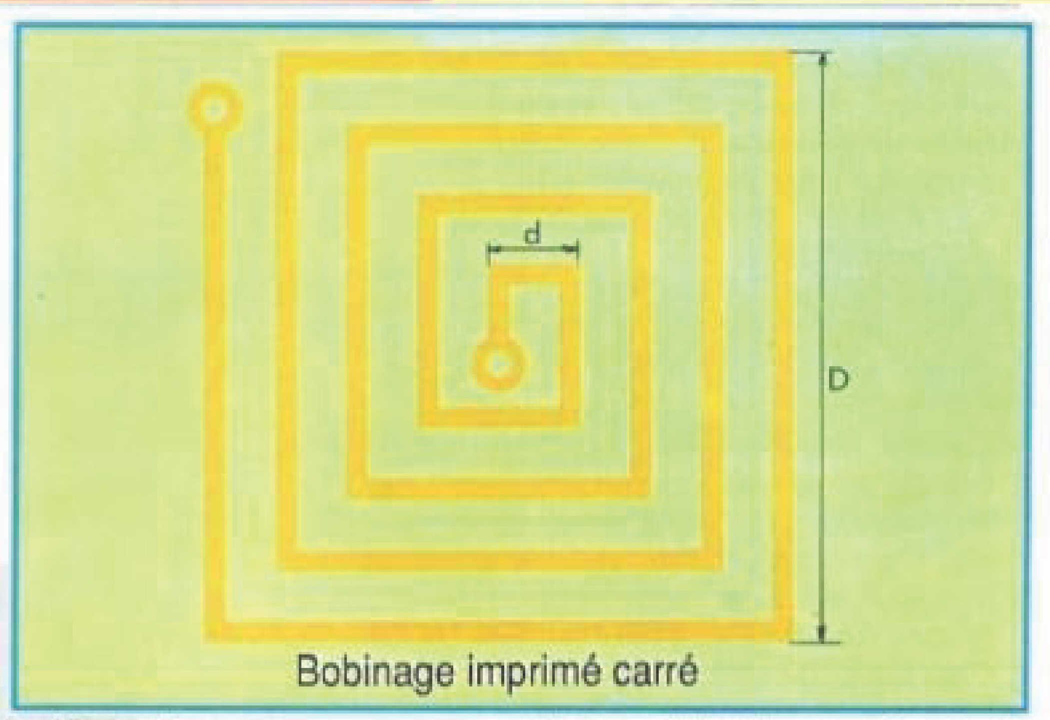
- Ø = diamètre du fil en cm
- l = longueur de la bobine en cm
- n = nombre de spires de la bobine.

A titre indicatif : sur ondes courtes, les bobines parcourues par des courants HF très faibles, comme en réception, sont réalisées en fil de Ø = 0,8 mm et de préférence espacées de 0,8 mm. La miniaturisation des montages actuels conduit actuellement à utiliser du fil émaillé fin de Ø = 0,3 mm bobiné à spire jointives.



Calcul d'une bobine imprimée carrée :

C'est un bobinage à une couche, au nombre de spires réduit, utilisé sur les circuits imprimés surtout en VHF, une spirale en carré d'épaisseur nulle. S'agissant d'un cas particulier nous ne vous donnons que la formule :



Bobinage imprimé carré

$$L = \frac{D + d}{72} N^{5/3} \cdot \log\left(\frac{4D + d}{D - d}\right)$$

L est l'inductance en µH,
D est la longueur du côté de la dernière spire en mm,
d est la longueur du côté de la première spire en mm,
N est le nombre de spires.
La constante 72 est propre à un bobinage carré.

Ce type de bobinage est surtout utilisé sur les fréquences basses jusqu'à 3 MHz.

Calcul d'une bobine à air à plusieurs couches :

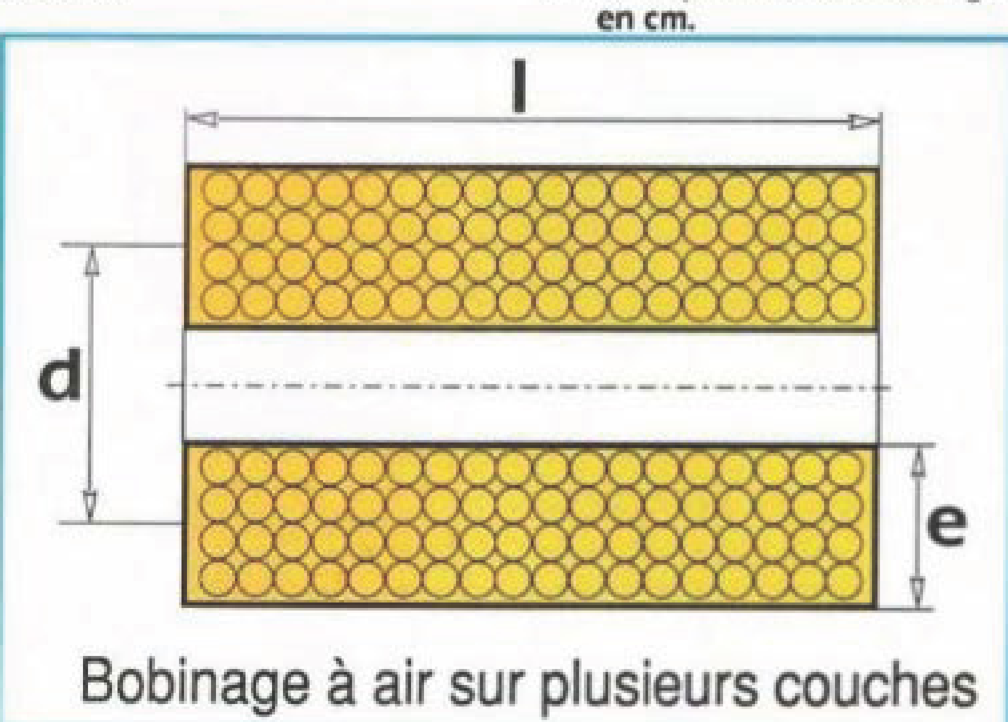
Nous avons affaire ici au cas général de bobines cylindriques à spires jointives droites ou en nid d'abeille disposées sur plusieurs couches.

- Calcul d'après la formule :

$$L = \frac{0{,}08 \cdot d^2 \cdot n^2}{3d + 9l + 10e}$$

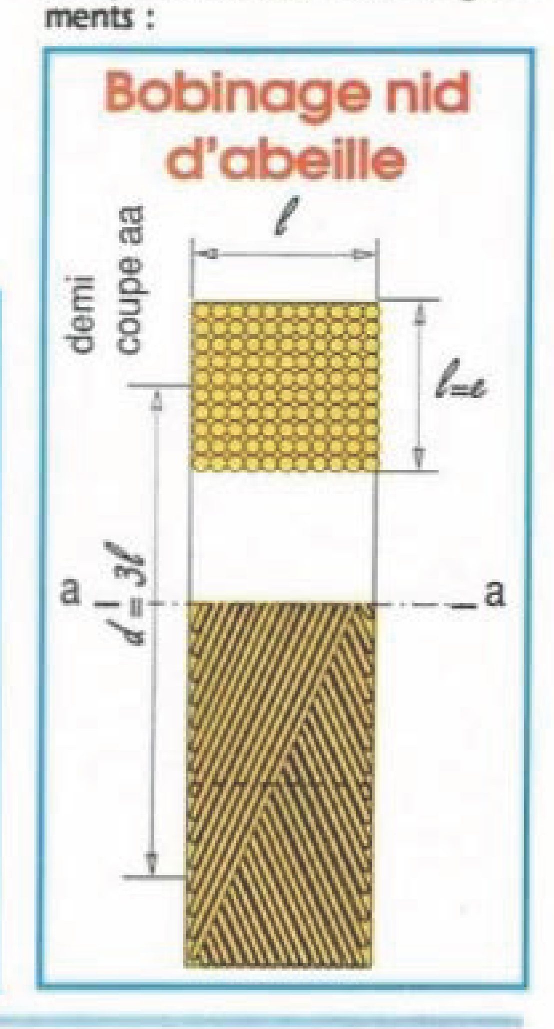
dans laquelle :
- L est l'inductance en µH,
- n est le nombre de spires,
- d est le diamètre moyen du bobinage en cm,
- l est la largeur du bobinage en cm,
- e est l'épaisseur du bobinage en cm.

- Utilisation d'un abaque :
Les nombreux paramètres entrant dans la formule ci-dessus nous mènent à une infinité de solutions. L'abaque qui en découle est donc à deux réflexions ce qui demande trois alignements :



Bobinage à air sur plusieurs couches

Bobinage nid d'abeille



Les axes des L et des l/d sont aussi les deux axes de réflexion.
- L'alignement de l/d, e/d et du point de réflexion N°1 doit être tangent à l'une des courbes e/d.
- L, d et le point de réflexion N°2 sont alignés.
- Les points de réflexion N°1 et N°2 sont alignés avec le nombre de spires n.

Comme vous pouvez le voir, l'usage de l'abaque est ici plus fastidieux que celui de la formule... Heureusement, en général, le calcul est simplifié pour les raisons suivantes :
Pour diminuer les pertes du bobinage à plusieurs couches, on a intérêt à le bobiner en nid d'abeille et à rendre sa section carrée, c'est à dire à avoir l voisin de e, avec un rapport d/l voisin de 3 (voir la figure bobinage nid d'abeille).
Dans ces conditions, la formule donnant L se trouve considérablement simplifiée :

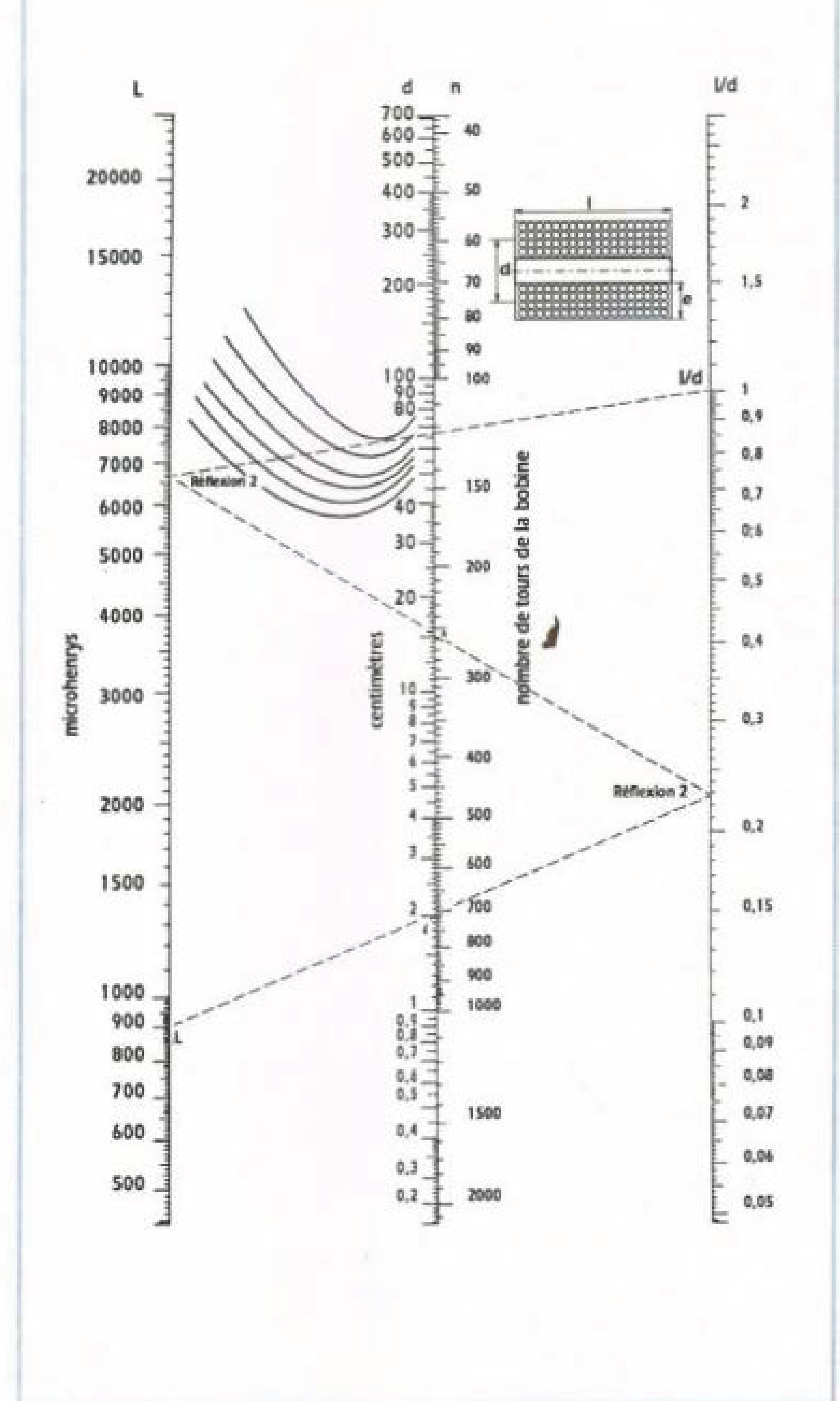
$$L = \frac{n^2 \cdot d}{100}$$

avec $l \simeq e$ et $d \simeq 3l$

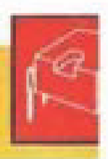
dans laquelle :
L est l'inductance en µH,
n est le nombre de spires,
d est le diamètre moyen du bobinage en cm.
Sa simplicité rend inutile l'usage d'un abaque !
Vous remarquerez que les bobines multicouches ont presque toujours cette forme.

Toutes les formules que nous vous avons données sont empiriques et ont été définies par expérience et approximation. Elles sont cependant suffisantes dans la pratique. Une majoration de 10 % du nombre de spires trouvé vous permettra de les rajuster plus facilement.

Abaque 3 calcul graphique d'un bobinage multicouche.



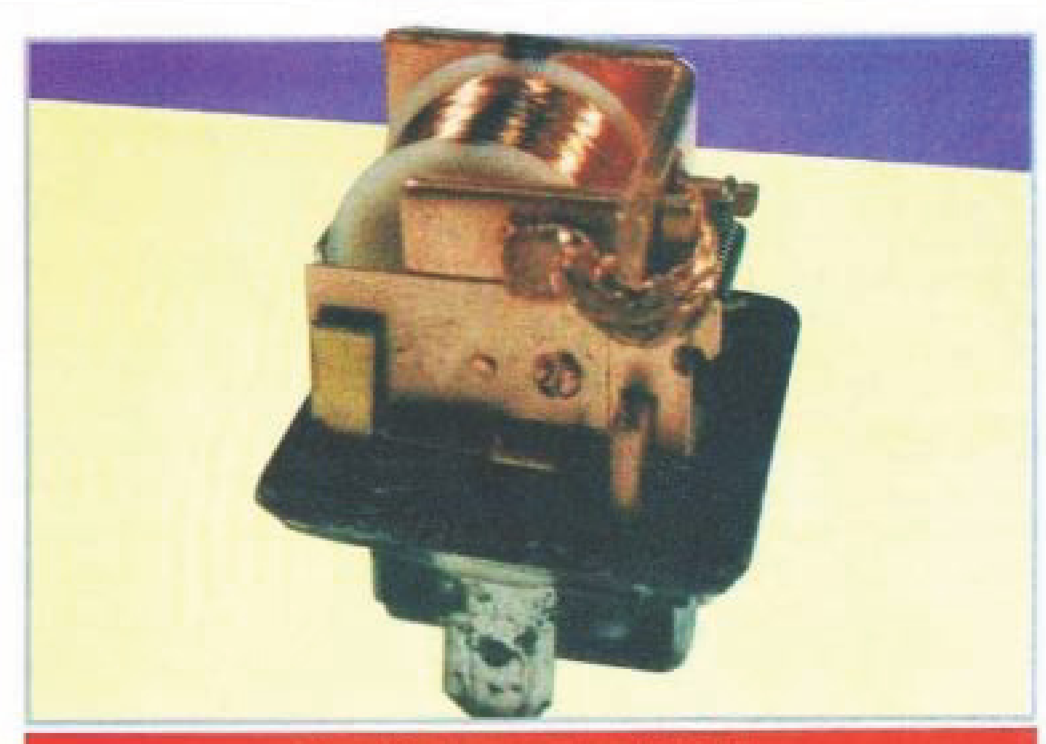
Prochainement, nous vous parlerons de l'utilisation des noyaux magnétiques.



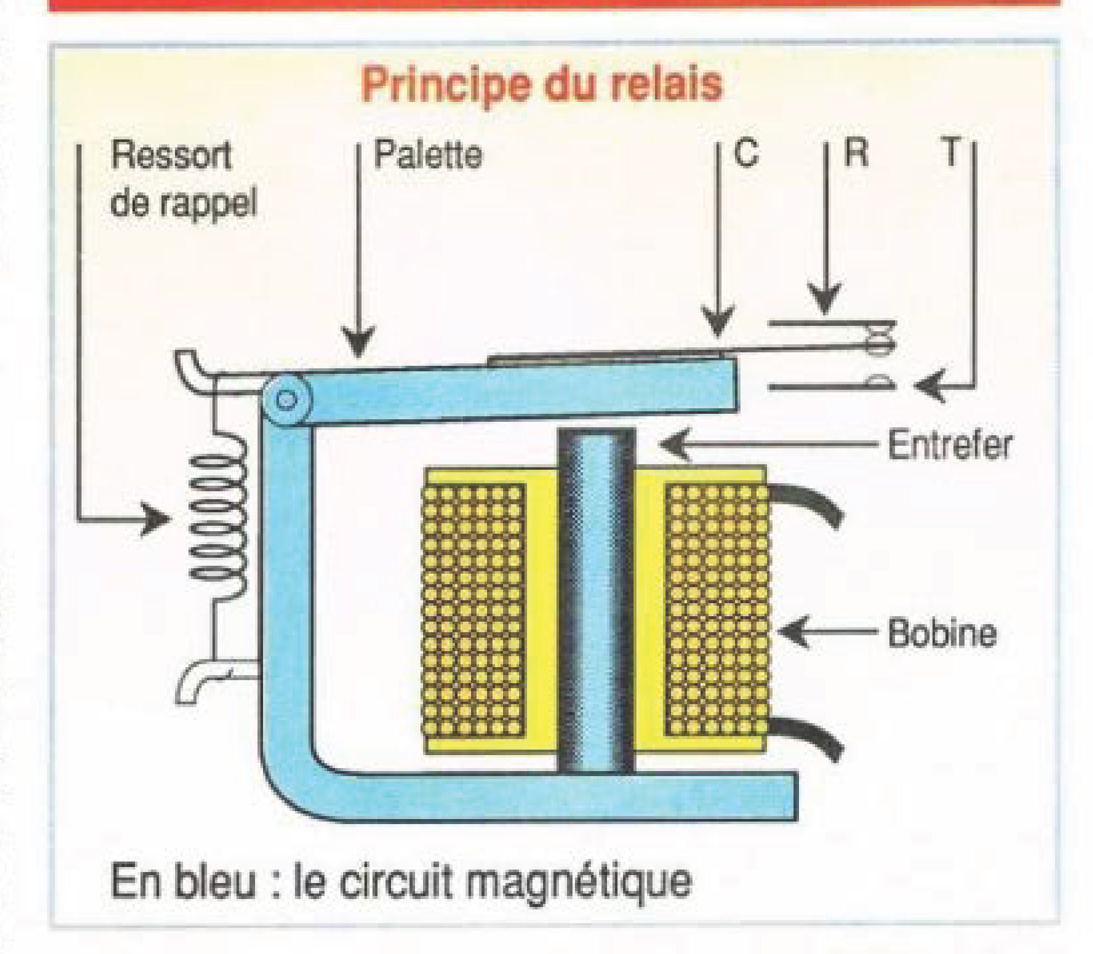
L E S   R E L A I S

Un composant souvent passé sous silence dans la littérature électronique et pourtant d'utilisation courante...

Le relais électro-magnétique est certainement le composant actif le plus ancien, mais il reste toujours d'actualité grâce à des propriétés bien particulières qui le rendent dans certaines situations bien plus simple et bien plus économique à utiliser que les semi-conducteurs. Nous le classons dans la catégorie des composants actifs parce qu'il est capable de commander une ou des puissances importantes à partir d'une puissance beaucoup plus faible sur deux niveaux logiques haut et bas ou «tout ou rien».



Un relais d'accessoire automobile





Fonctionnement d'un relais

Le relais électro-magnétique que nous appelons tout simplement relais est basé sur le principe de l'électro-aimant et comprend une ou des pièces mécaniques en mouvement. Il comprend une bobine munie d'un circuit magnétique se refermant sur une palette elle aussi magnétique. Le matériau utilisé est généralement du fer doux. La palette est mécaniquement solidaire (mais électriquement isolée) d'une lame souple C située entre deux contacts fixes R et T. En l'absence de courant dans la bobine, la lame appuie sur le contact R dit «de repos». Par contre, lorsque la bobine est parcourue par un courant suffisant, le champs magnétique oblige la palette donc la lame à quitter le contact R pour venir appuyer sur le contact T dit «de travail». La lame C est donc en contact soit avec R soit avec T, c'est donc un contact dit «commun».

Quel que soit le sens du flux magnétique engendré par la bobine, la palette sera toujours attirée de manière à rendre la longueur du circuit magnétique la plus courte possible (réduction de l'entrefer). Ainsi, quel que soit le sens du courant parcourant la bobine, celle-ci agit toujours dans le même sens, la bobine d'un relais n'est donc pas polarisée. Mais attention ce n'est pas pour cela que vous pourrez l'alimenter telle quelle en courant alternatif pour de multiples raisons qui sortent du cadre de cette article (impédance, pertes magnétiques, vibrations mécaniques etc...). Cependant nous terminerons par quelques mots sur les relais alimentés en courant alternatif.

Principe du relais

Un relais possède toujours une pièce mobile qui procure le (ou les) contact(s) commun(s). Par contre, il existe de nombreux modèles suivant le nombre de contacts que nous avons l'habitude de codifier par les exemples suivants :

1R	Un contact repos	simple repos
1T	Un contact travail	simple travail
1RT	Un contact repos et un contact travail	un inverseur
2RT	Deux contacts repos et deux contacts travail	deux inverseurs
3RT	Trois contacts repos et trois contacts travail	trois inverseurs
etc...		

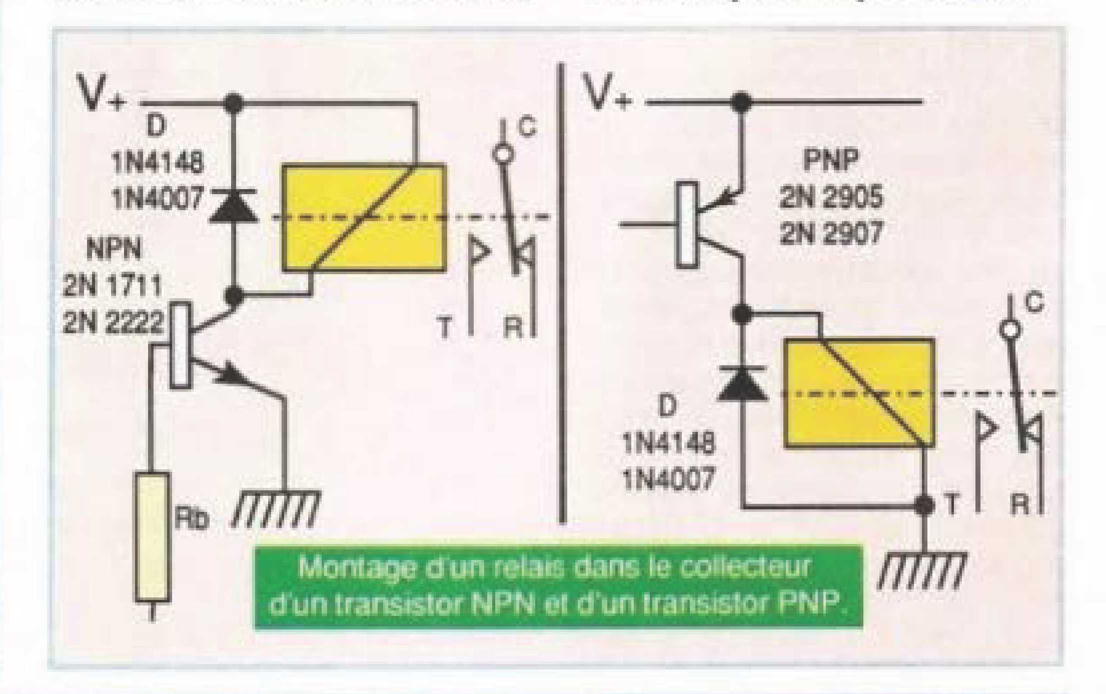
Symboles de différents types de relais. Les tirets (---) signifient que les pièces concernées sont mécaniquement solidaires entre elles.

Les modèles les plus courants sont les «1RT» et «2 RT».

Pour information, sur les notices en anglais nous trouvons N.C. (normally closed = normalement fermé) pour R et N.O. (normally open = normalement ouvert) pour T.

Les principales caractéristiques d'un relais sont les suivantes :

- La résistance de la bobine. Elle y est rarement inscrite, mais elle est très facile à mesurer à l'aide d'un multimètre.
- La tension nominale d'alimentation de la bobine, tension pour laquelle le relais a un fonctionnement fiable (contacts francs, échauffement normal de la bobine en position travail etc...).
- La tension minimale dite de «collage» qui correspond à l'intensité minimale pour laquelle la palette est suffisamment attirée par la bobine pour assurer le contact travail. Dans ces conditions, le mouvement de la palette est lent et sa pression sur le contact travail est faible avec risque accru de rebonds et de vibrations. Toujours dans ces conditions la tension de «décollage» est nettement inférieure à la précédente parce que l'entrefer entre la palette et le noyau de la bobine est plus faible.
- Le pouvoir de coupure des contacts. Il est donné en ampères. Une fois le contact établi, sa rupture provoque un arc, aussi faible soit-il, et provoque une usure plus ou moins rapide. A titre indicatif, en basse tension jusqu'à une cinquantaine de volts, il ne faut pas dépasser un courant de 3 ampères par mm² de contact, cette valeur diminue lorsque la tension augmente.
- Le temps de commutation, c'est le temps (ou retard) mis par le contact C pour atteindre le contact travail T à partir de l'instant où la bobine est parcourue par le courant. Ce temps est de l'ordre de 1 à quelques dizaines de millisecondes pour les petits relais.



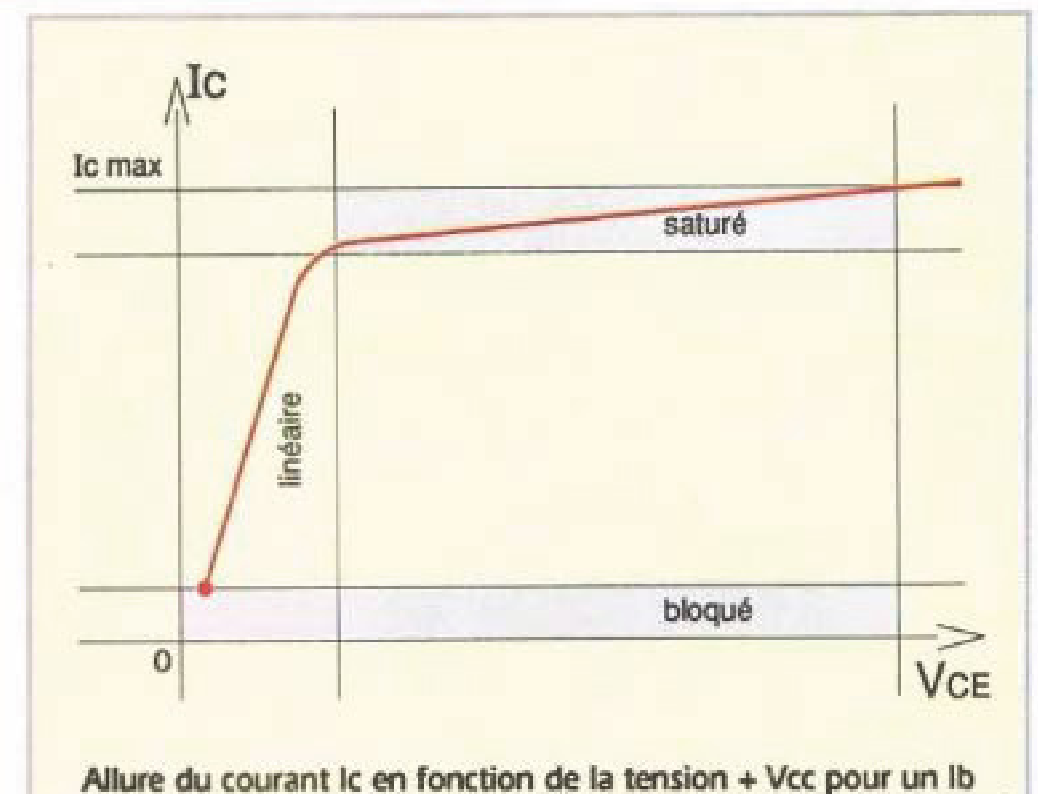
Montage d'un relais dans le collecteur d'un transistor NPN et d'un transistor PNP.



Utilisation des relais en électronique

Leur nature mécanique ne permet de les utiliser qu'en «commutation lente» (tcommut. > 1 ms), d'ailleurs lorsqu'on parle d'une telle commutation il s'agit d'un montage comportant un ou des relais. Leur bobine constitue généralement la charge collecteur d'un transistor bipolaire NPN ou PNP fonctionnant en régime saturé comme vous le montre l'exemple bas de page 24 :

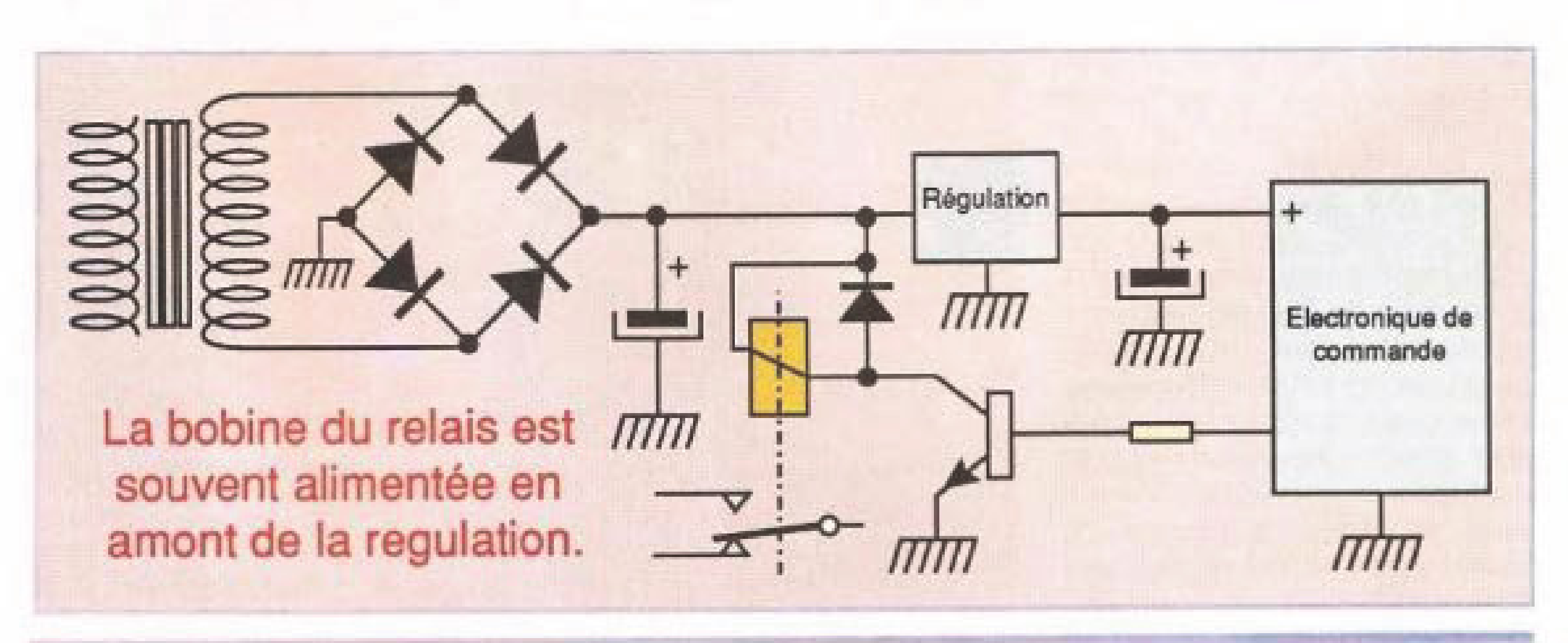
Il faut que le courant traversant le relais n'excède pas le courant collecteur Ic max du transistor et ne soit pas inférieur à son courant de saturation (sous peine d'échauffement du transistor par excès de dissipation). La résistance Rb en série dans la base protège celle-ci en limitant le courant de polarisation circulant dans la jonction base émetteur, la valeur de Rb dépend du gain en courant (bêta) du transistor et du courant délivré par l'étage précédent : dans la plupart des petits montages la valeur de Rb est égale à 1/30ème de celle de la bobine du relais, si celle-ci se trouve seule à charger le collecteur (cas général).



Allure du courant Ic en fonction de la tension + Vcc pour un Ib donné et zone d'utilisation d'un transistor bipôlaire en régime saturé.

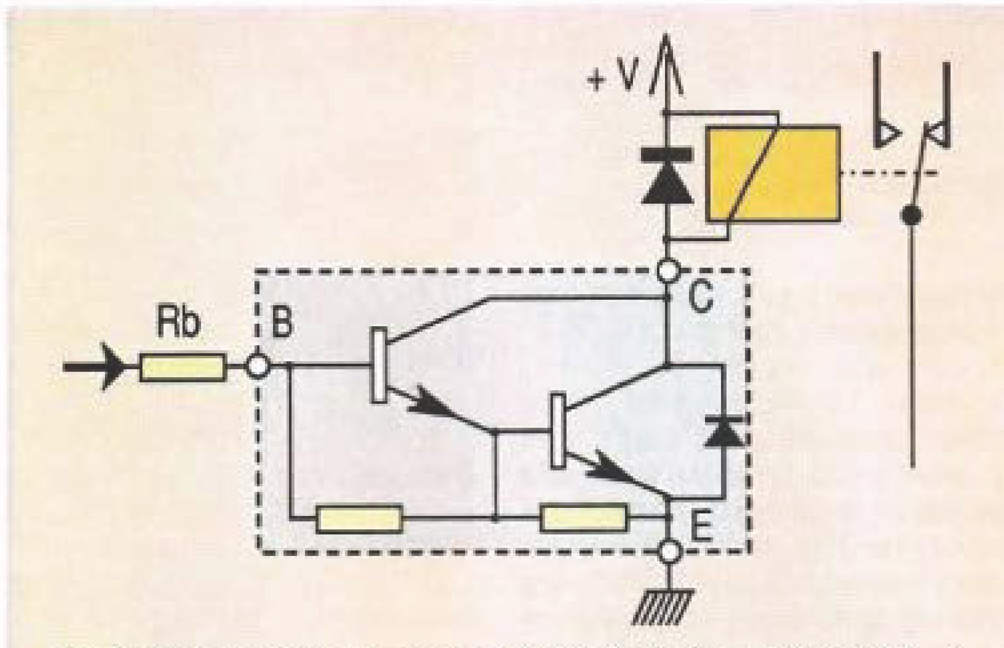
Un autre point très important est la présence de la diode D montée en parallèle avec la bobine du relais : Lorsque le courant parcourant la bobine est brusquement interrompu par le passage du transistor de l'état conducteur à l'état bloqué, une tension inverse de brève durée mais de valeur très élevée, apparait aux bornes de la bobine, cette tension qui s'ajoute à celle de l'alimentation peut détruire le transistor (par claquage de la jonction base-collecteur). La diode a pour rôle de court-circuiter le courant d'auto-induction et sa polarité doit être inversée par rapport au courant d'alimentation (cathode vers le +), elle a aussi pour rôle d'amortir les phénomènes de vibration (rebond des contacts) qui provoquent, eux aussi, des courants induits dans la bobine mais à une échelle bien moindre.

Enfin, le courant qui parcourt la bobine d'un relais n'est pas négligeable et risque de provoquer de brusques variations de tension dans la ligne d'alimentation, même si cette dernière est régulée. Pour éviter ce phénomène qui risque



de perturber le reste du montage, le relais et le collecteur du transistor sont souvent alimentés en amont de la régulation. Voir figure bas de page 25.

Lorsque le signal d'entrée est insuffisant pour saturer le transistor, nous avons recours au montage «darlington» qui comprend deux transistors montés en cascade pouvant être assimilés à un seul transistor dont le gain en courant est beaucoup plus élevé (c'est le produit de leurs gains respectifs !), en voici un exemple :
Disons, en passant que les «darlingtons» se présentent comme des transistors normaux dans des boîtiers à trois pattes repérées e,b,c. Nous vous en reparlerons.



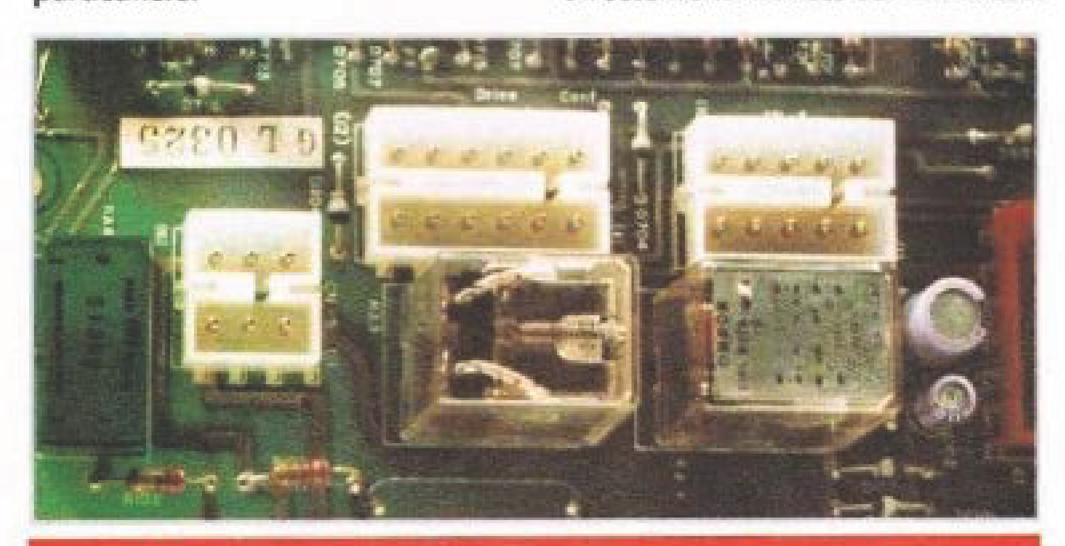
Relais commandé par un montage darlington (bêta = 500 à 1000...). Avec quelques dizaines de µA vous pouvez commander un courant de plusieurs ampères.

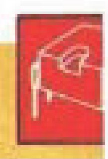
Les différents types de relais

Nous ne vous parlerons que de ceux employés en électronique.
Leur tension d'alimentation peut être de 5, 6, 12 et 24 à 28 volts. Ceux de 5 volts sont utilisés avec les circuits logiques TTL. Les autres sont prévus pour fonctionner aussi sur un véhicule, la tension de 12 volts étant la plus courante. Pour un modèle donné, dans la mesure du possible, choisissez juste le nombre de contacts nécessaires, car leur consommation augmente et leur temps de commutation diminue en fonction de ce nombre. Par exemple un relais 1RT consommera moins d'énergie et sera plus rapide qu'un modèle similaire 2RT. Leur puissance, donc leur encombrement, dépend avant tout du pouvoir de coupure de leurs contacts, là aussi, choisissez un pouvoir de coupure raisonnable en appliquant un facteur deux : par exemple pour commuter un courant de 500 mA vous choisissez un pouvoir de coupure de 1 A pour assurer une bonne fiabilité.

Nous pouvons classer les relais par la nature de leurs contacts :
- Les relais à contacts secs.
- Les relais à contacts humides.
Les contacts secs sont des pastilles de métal dur (tungstène etc...). Les contacts mouillés, plus rares et plus coûteux, comportent, en outre, une couche de mercure qui par capillarité est destinée à couper ou établir franchement le contact lorsque les deux pastilles s'éloignent ou se rapprochent, les arcs et les rebonds sont ainsi fortement atténués. Pour les applications courantes nous n'aurons affaire qu'aux premiers, les seconds étant destinés à des cas particuliers.

Nous pouvons aussi les classer par la nature de leur boiter.
- Les relais destinés à un câblage conventionnel à bornes soudables ou pour cosse clip ou Faston. Leur pouvoir de coupure est élevé, plus de 10 A, comme ceux utilisés, par exemple, en électricité automobile.
- Les relais embrochables sur un support lui-même destiné à un câblage conventionnel ou à un montage sur circuit imprimé. Leur pouvoir de coupure ne dépasse guère 5 A, et comportent généralement de nombreux contacts (4 RT, 6 RT etc...).
- Les relais à picots destinés à être directement montés sur un circuit


Deux relais enfichables montés sur un circuit imprimmé.



imprimé. Leur pouvoir de coupure ne dépasse pas 2 A ; mais leurs dimensions sont comparables à ceux des autres composants électroniques. Nous aurons presque toujours affaire à eux.

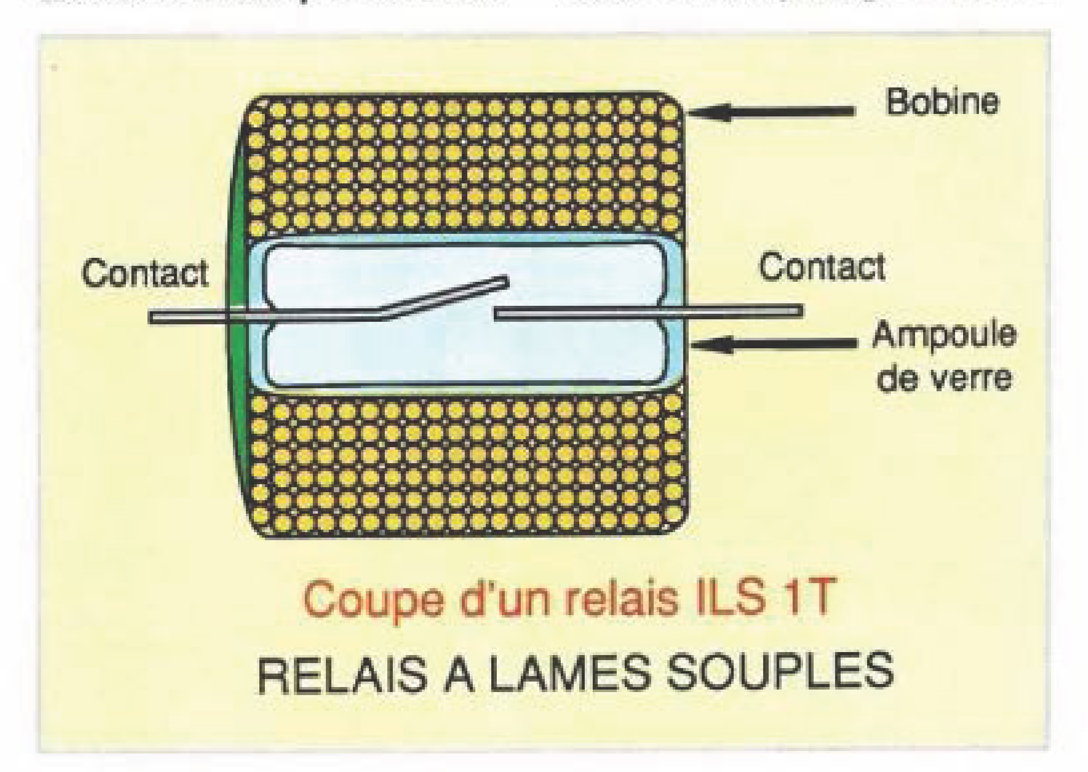
Nous pouvons enfin les classer par leur principe mécanique :
- Les relais à palette
- Les relais à lames souples.

Nous ne reviendrons pas sur le relais à palette dont le principe a été décrit au début de cette étude. Par contre, le relais à lame souple (ILS = interrupteur à lame souple, ou REED en anglais) est de conception beaucoup plus récente. Son principe est basé sur celui des interrupteurs magnétiques tels que ceux utilisés sur les circuits d'alarme : Il comporte deux lames flexibles en métal ferromagnétique-magnétique enfermées dans une ampoule de verre le tout se trouvant dans une bobine. Lorsque celle-ci est parcouru par un courant les deux lames entrent en contact. L'ampoule est vide d'air ou peut contenir un gaz inerte pour éviter une oxydation des contacts, elle peut comporter une troisième lame non-magnétique pour assurer un contact repos. Ces relais comportent soit 1 R soit 1 T soit 1 RT et ils se présentent, le plus souvent, sous forme d'un boitier DIL comme un circuit intégré, en outre, la diode de protection en parallèle sur la bobine s'y trouve incorporée ; la polarité de la bobine doit donc être respectée. Les relais à lame souple n'ont qu'un faible pouvoir de coupure, 0,5 A au maximum, par contre leur vitesse de commutation est la plus faible, de l'ordre de la milliseconde.

Page 28, nous vous donnons en annexe le brochage des petits relais les plus répandus que vous pouvez trouver dans le commerce et sur les montages courants.

A propos de boîtier, il faut aussi noter que les gros relais en sont souvent dépourvus. Ceux des petits relais sont en plastique. Certains petits modèles sont étanches et sous vide ou en atmosphère inerte pour être utilisés dans des conditions climatiques extrêmes.

- Les relais à positionnement par impulsions, ils se comportent comme une bascule bistable par exemple, et font appel à des circuits d'encliquetage élaborés comme ceux des anciens sélecteurs de centraux téléphoniques. Ils ont été rendus obsolètes par les circuits logiques modernes.
- Les relais différentiels de sécurité utilisés en courant alternatif pour détecter les défauts d'isolement à la terre. Ils comportent un mécanisme d'armement manuel qui les maintient en position travail. L'équilibre est rompu et le relais retourne au repos dès qu'un courant de quelques dizaines de mA parcourt la bobine. Ce courant est recueilli au secondaire d'un transformateur dont le primaire est parcouru par les courants de la (ou des) phase (s) et du neutre. Ces courants doivent réciproquement s'annuler en l'absence de défaut à la terre en aval du relais.
- Les relais statiques, ne sont pas des relais mécaniques mais des circuits électroniques que nous avons déjà vus : diac et triac de puissance incorporés dans un boîtier, l'isolement entre le circuit de commande et le circuit de puissance est assuré par un coupleur optique. Ils sont capables de commuter des courants alter-

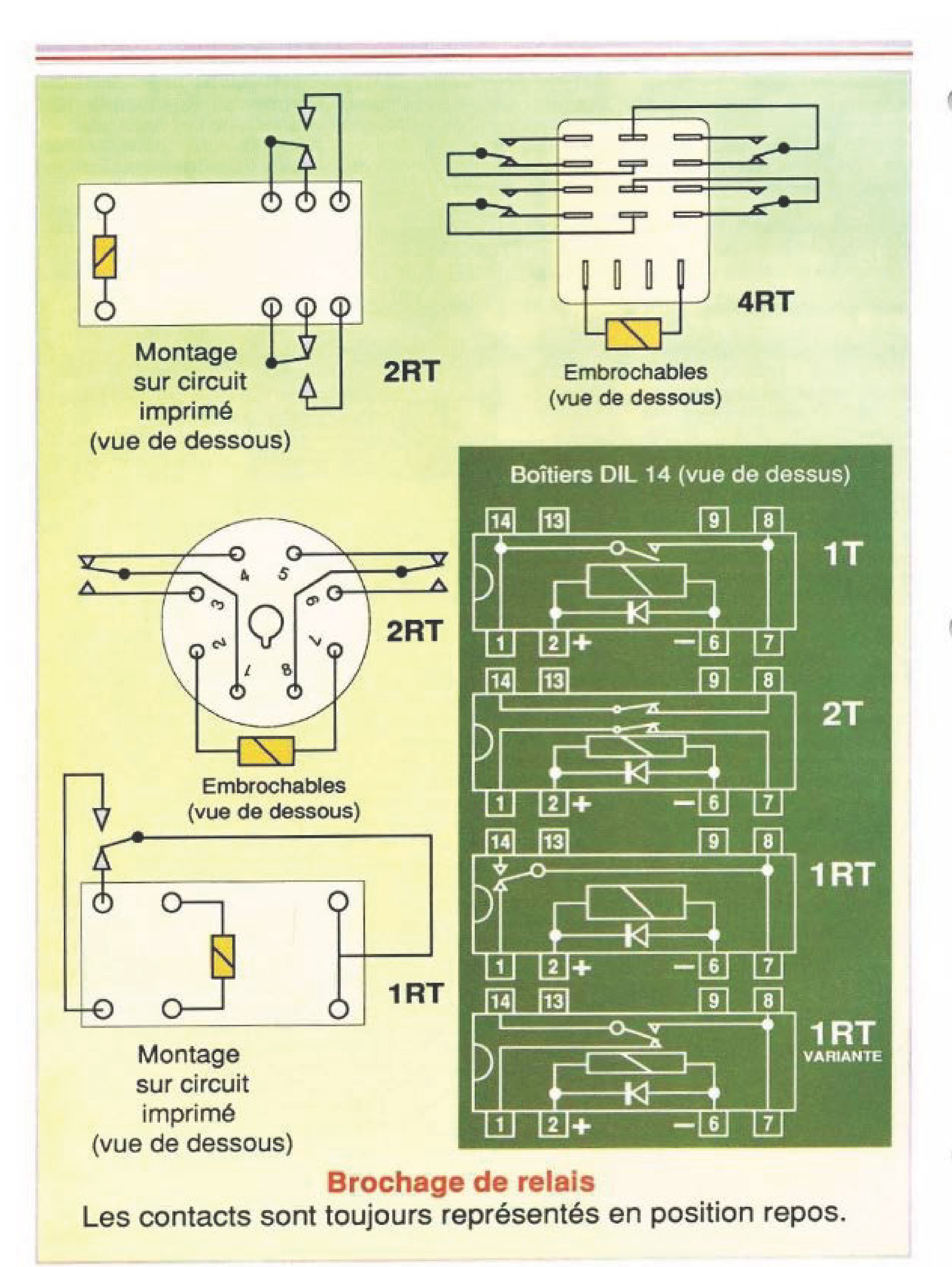


Coupe d'un relais ILS 1T

RELAIS A LAMES SOUPLES

Les relais spéciaux

Ce sont des relais à usage spécifique que nous ne citerons pour mémoire que les types suivants :
- Les relais coaxiaux qui permettent de commuter, avec un minimum de pertes, des lignes coaxiales sans en rompre les caractéristiques. Ils sont utilisés par exemple pour la commutation d'antenne en émission et en réception. Ils sont toujours d'actualité pour les puissances importantes.
- Les relais polarisés, dont les contacts dépendent du sens du courant qui parcourt la bobine. Ces relais très sensibles sont destinés à commuter des signaux très faibles. Ils comportent une bobine montée sur un aimant : suivant la somme ou la différence des champs magnétiques ainsi créés, le contact commun vient appuyer sur un contact gauche ou droite. Ces relais supplantés par les ampli opérationnels sont en voie de disparition.



Brochage de relais

Les contacts sont toujours représentés en position repos.



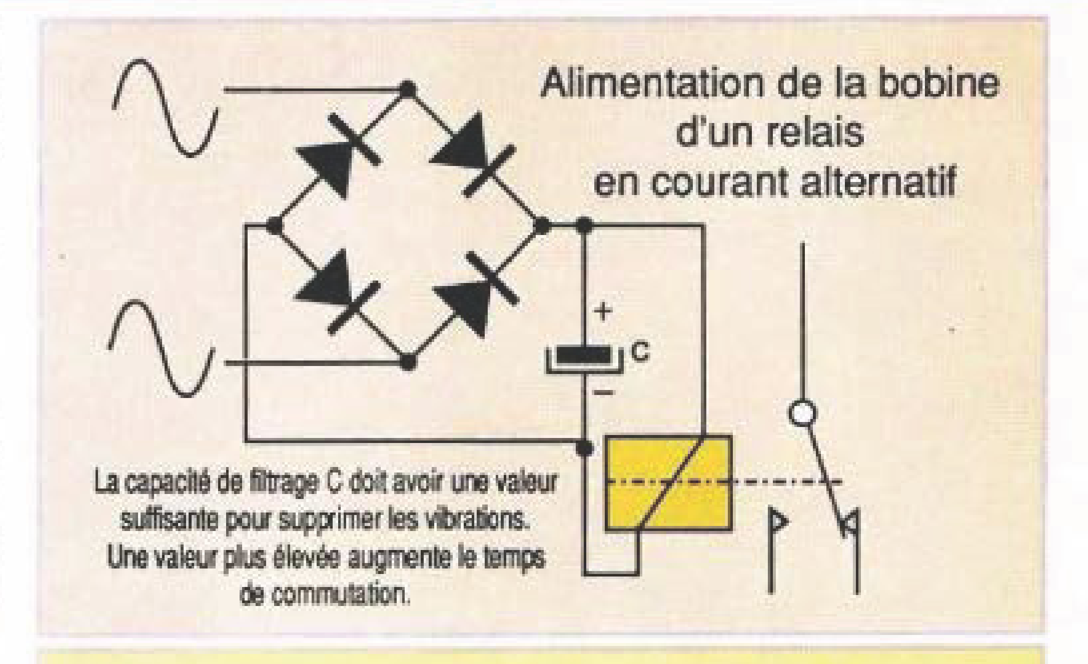
natifs de plusieurs dizaines d'ampères sous des tensions de plusieurs centaines de volts. Ils sont utilisés en électronique de puissance dans l'industrie.

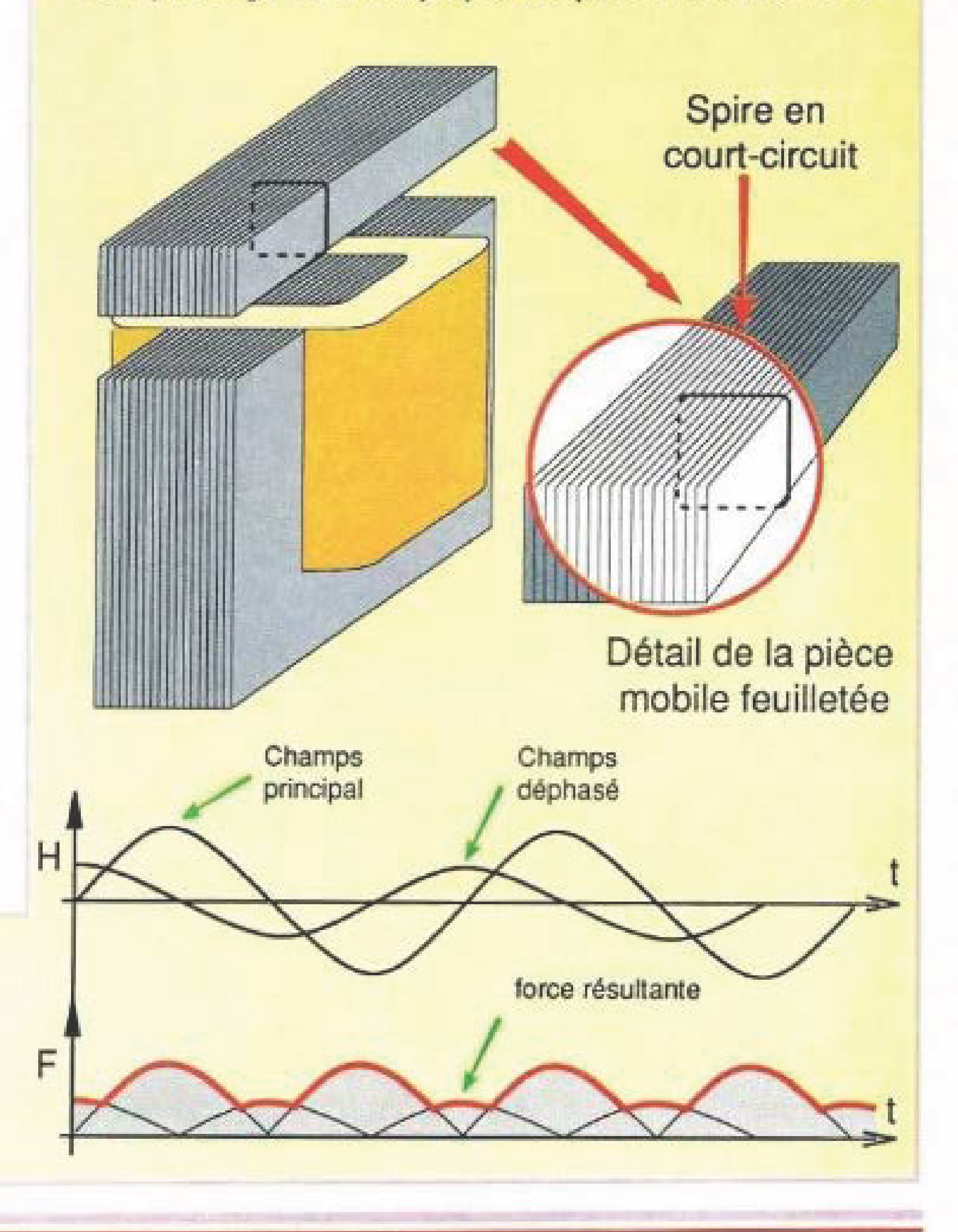
Les relais en courant alternatif

Nous avons vu que les relais ne pouvaient pas être commandés tels quels par un courant alternatif, il faut avoir recours à un pont redresseur et à une cellule de filtrage comme le montre le schéma ci-joint.

Il existe cependant des relais prévus pour le courant alternatif. Leur principe reste le même et la différence réside dans la nature du circuit magnétique et une petite astuce pour éviter les vibrations des pièces mobiles.
Le circuit magnétique constitué par le noyau, la cuirasse et la palette est feuilleté comme celui d'un transformateur pour éviter les pertes par courants induits et les échauffements excessifs qui en résulteraient. Pour éviter les vibrations de la palette on a recours à un artifice appelé une «spire de Fragère»: C'est une bague de cuivre, fixée sur la palette ou le noyau de la bobine, qui forme une spire en cours circuit. Celle-ci parcourue par les courants induits engendre un champ magnétique alternatif déphasé d'un certain angle par rapport au champ principal, sa faible intensité et cependant suffisante pour compenser les «passages à zéro» du champs principal qui provoquent ces vibrations.

Note : Un relais à noyeau feuilleté pour le courant alternatif peut être utilisé en courant continu mais la résistance pure de la bobine étant beaucoup plus faible que son impédance à la fréquence prévue, vous devrez l'alimenter à une tension continue beaucoup plus faible elle aussi.





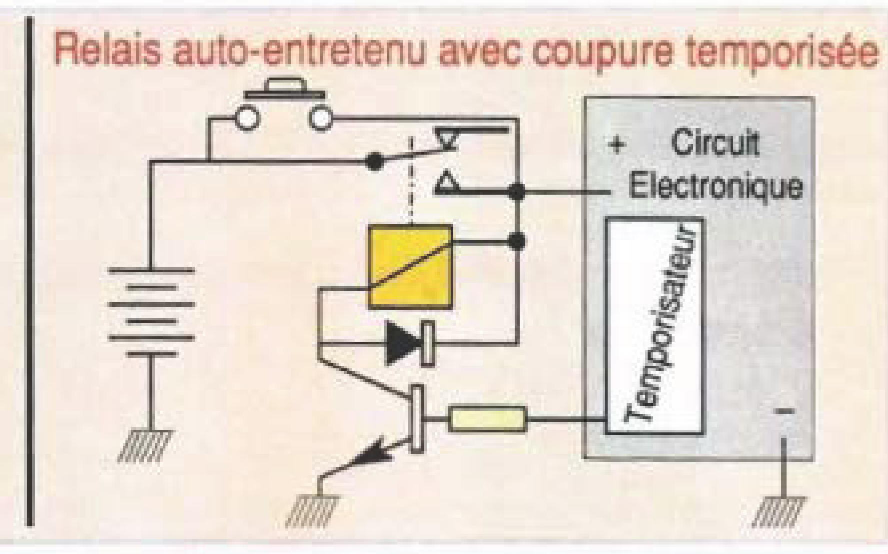
Principe du relais auto-entretenu

bouton poussoir MARCHE

bouton poussoir ARRÊT

Alimentation

Utilisation



Relais auto-entretenu avec coupure temporisée

Le relais en régime auto-entretenu

Nous pouvons faire fonctionner un relais comme un thyristor : lorsque sa bobine reçoit une impulsion, il reste «collé» en position travail grâce à un contact auxiliaire. Il faut couper l'alimentation de la bobine pour le faire revenir sur sa position de repos. Ce schéma est couramment utilisé en courant alternatif : Les deux boutons poussoir «Marche» et «Arrêt» et les «Arrêt d'Urgence» commandent un relais fonctionnant sur ce principe. L'arrêt automatique d'un circuit électronique fonctionnant sur piles peut aussi faire appel à un tel relais qui retournera à sa position de repos au bout d'un temps prédéterminé par un minutier (un 555 en monostable, par exemple) bloquant le transistor de commande du relais.

Conclusion

Pour conclure, nous énumérerons succinctement les avantages et les inconvénients des relais électro-magnétiques utilisés dans les montages électroniques :

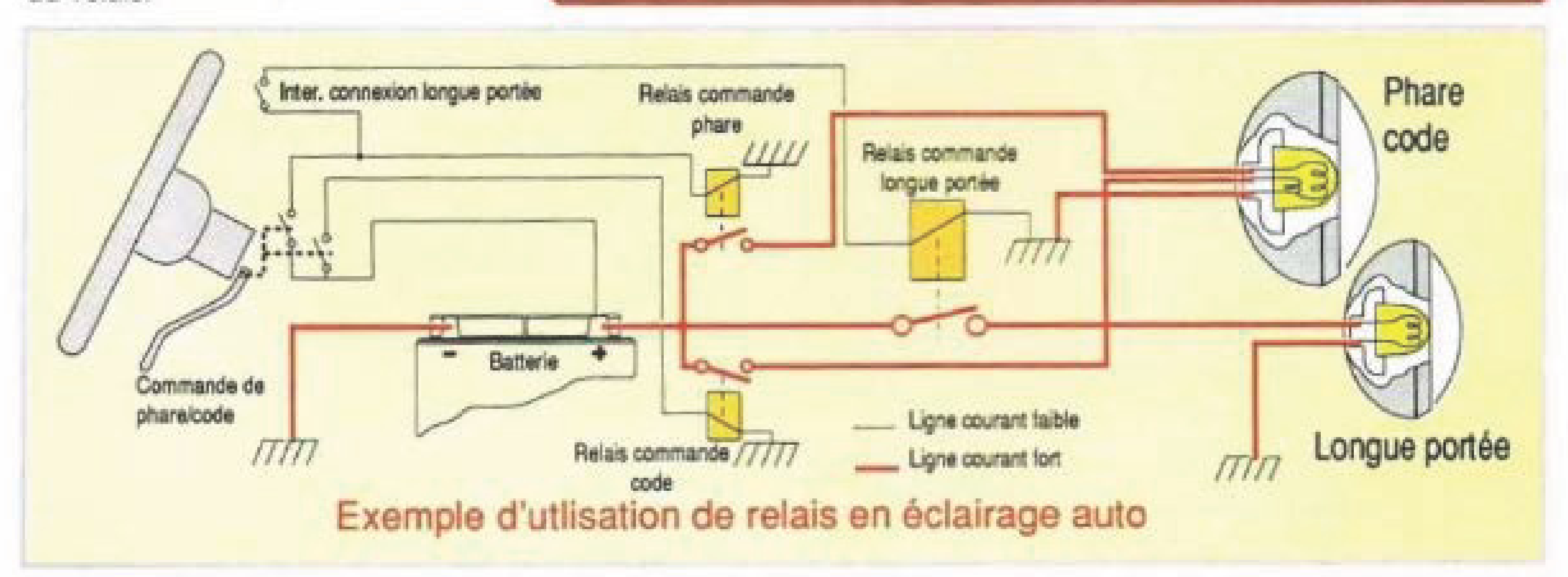
Avantages :

- Isolement total entre le circuit de commande et le circuit commuté.
- Résistance infinie et nulle des contacts, avec ou sans alimentation. La tension de déchet (ou chute de tension directe d'une jonction) est ici négligeable, donc le problème de dissipation thermique est réduit à celle de la bobine.
- Les contacts ne sont pas polarisés et peuvent commuter des puissances élevées du courant continu aux très hautes fréquences.
- Certains problèmes d'automatisme sont beaucoup plus simplement résolus avec les relais.

Inconvénients :

- La vitesse de commutation est beaucoup plus lente que celle d'un dispositif semi-conducteur.
- La conception mécanique et la présence de pièces mobiles limitent leur fiabilité.
- La normalisation des boîtiers ne concerne actuellement que les petits modèles utilisés en électronique et les modèles de tableaux en courant alternatif.

Au fil des ans, le relais électromagnétique cède la place à des dispositifs électroniques plus performants mais plus spécialisés donc aux limites d'utilisation plus étroites. Mais lorsque la sécurité et la simplicité interviennent nous faisons toujours appel à lui. Ce n'est donc pas un composant obsolète.



Exemple d'utlisation de relais en éclairage auto

AIDE-MEMOIRE ELECTRONIQUE

R. BESSON

Composants, satellites, vidéo, so-norisation, radio, télévision. Des bases de l'électricité jusqu'aux produits de l'électronique grand public.

448 pages - REF BOR41410 97F. + 25 F port

LIVRE DES GADGETS ELECTRONIQUES

B. FIGHIERA

Pour les jeunes et débutants qui pourront réaliser, sans connaissances spéciales, des montages "tremplins" : sirène, interphone,etc...

130 pages - REF BOR23826 135F. + 25 F port

GUIDE PRATIQUE DES MONTAGES ELECTRONIQUES

M. ARCHAMBAULT

De la conception des circuits imprimés jusqu'à la réalisation des façades de coffrets en passant par la fixation des composants.

144 pages - REF BOR23821 90F. + 25 F port

200 MONTAGES ELECTRONIQUES SIMPLES

W.SOROKINE

Montages demandant très peu de composants, effectués en une soirée et vérifiable immédiatement. Avec circuits intégrés.

384 pages - REF BOR25576 160F. + 25 F port

REUSSIR 25 MONTAGES A CIRCUITS INTEGRES

B. FIGHIERA

Circuits intégrés logiques - 5 jeux - 6 gadgets pour la maison - 6 appareils de mesure - 8 montages BF et HI-FI.

128 pages - REF BOR23829 95F. + 25 F port

ELECTRONIQUE LABORATOIRE ET MESURE

B. FIGHIERA ET R. BESSON

Nombreux shémas pratiques de ma-tériels utilisables pour l'amateur bri-coleur.

176 pages - REF BOR23808 130F. + 25 F port

ELECTRONIQUE JEUX ET GADGETS

B.FIGHIERA ET R. BESSON

Applaudimètre - Truqueur de voix - Anti-ronfleur - Casse-tête électronique - Gradateur de lumière -Badge lumineux -

160 pages - REF BOR23806 130F. + 25 F port

CIRCUITS IMPRIMES

P. GUEULLE

Conception et réalisation. Les principales notions d'optique, de photochimie et de reprographie, pour comprendre véri-tablement ce que l'on fait.

160 pages - REF BOR23841 140F. + 25 F port

1500 SCHEMAS ET CIRCUITS ELECTRONIQUES

R. BOURGERON

300 nouveaux schémas. Accès par fonction a été ajouté.

558 pages - REF BOR25497 240F. + 25 F port

350 SCHEMAS HF DE 10 kHz A 16 Hz

H. SCHREIBER

Ce livre est un outil efficace de recherche, d'idées de circuits et une bibliographie de schémas publiés.

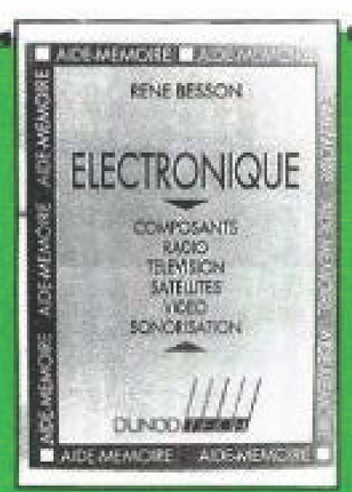
320 pages - REF BOR25495 190F. + 25 F port

270 SCHEMAS D'ALIMENTATION

H. SCHREIBER

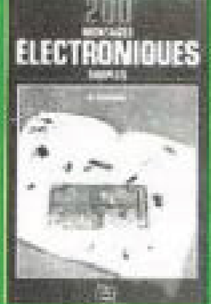
Livre de référence à consulter très souvent ! Panorama de tout ce qui touche aux alimentations avec une sélection de schémas de circuits sé-curité.

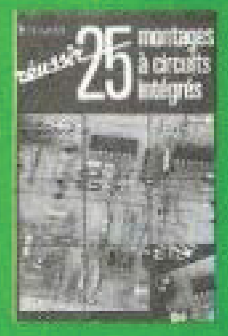
224 pages - REF BOR25498 190F. + 25 F port















Bon de commande à envoyer aux Editions SORACOM
La Haie de Pan 35170 - BRUZ

TITRE	Référence	Port	Prix
		25 F	
		25 F	
		25 F	
		Total	

Nom : ______________ Prénom : ______________

Adresse : ______________

Code postal : ______ Ville : ______________

Date : ______________ Signature

Je joins mon règlement
❏ chèque bancaire ❏ chèque postal ❏ mandat

❏ **JE REGLE PAR CARTE BANCAIRE**

Date d'expiration Signature

LES EDITIONS SORACOM

